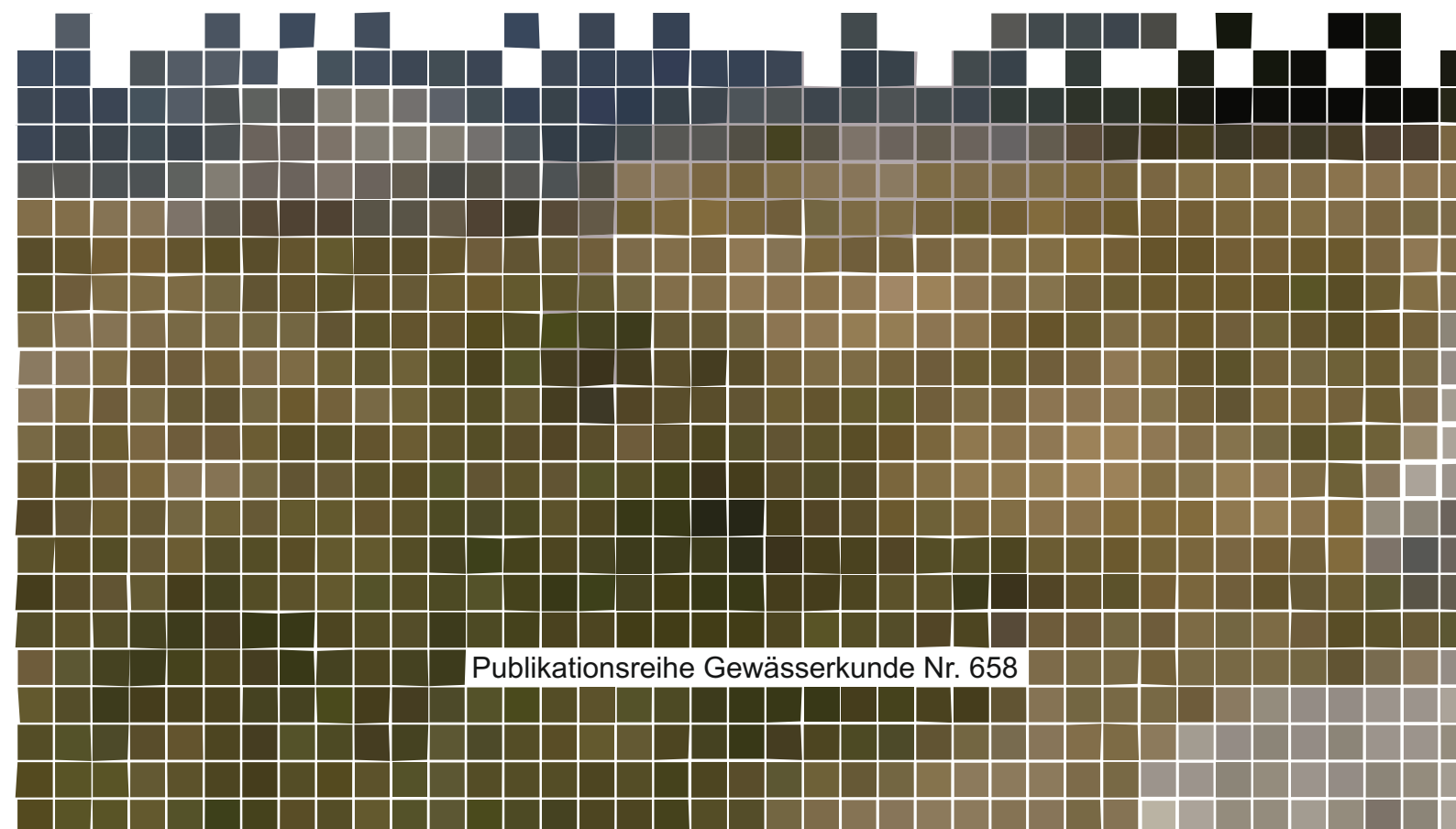


Alpenexkursion 2013

Rolf Weingartner und Jan Schwanbeck (Hrsg.)



Publikationsreihe Gewässerkunde Nr. 658

Copyright © 2013 Gruppe für Hydrologie

Autoren: siehe Titelseite der Kapitel

Redaktionsassistenten: Alain Bühlmann, Eliane Debrunner, Tobias Wechsler

HERAUSGEGEBEN VON DER GRUPPE FÜR HYDROLOGIE AM GEOGRAPHISCHEN INSTITUT
DER UNIVERSITÄT BERN

WWW.HYDROLOGIE.UNIBE.CH

Erste gedruckte Auflage 2015

ISBN 978-3-9520278-3-7



Vorwort

Das Geographische Institut der Universität Bern hat sich die Alpen-und Gebirgsforschung auf die Fahne geschrieben. 24 Studierende, davon 22 auf Masterstufe Geographie, und drei Begleiter haben sich zum Ziel gesetzt, mit dem in den Vorlesungen erworbenen, theoretischen Wissen im Gepäck wandernd die Alpen zu erkunden. Dazu wurden in einem ersten Schritt, mittels eines interaktiven Prozesses, mehrere mögliche Wanderrouen für eine Alpenquerung evaluiert. Schliesslich einigte man sich auf den Querschnitt von Thusis nach Chiavenna (Italien). An diesem Querschnitt konnte der geographische Wandel zwischen nord- und südalpinen Regionen sehr gut studiert werden. Dabei spielen physische wie auch sozio-ökonomische und politische Faktoren eine entscheidende Rolle.

Das alpine Trekking, das die Gruppe auf alpinen Wegen (T3+) von Hütte zu Hütte führte und den Teilnehmenden einiges abverlangte, wurde von den Studierenden weitgehend selbständig geplant und gestaltet. In sieben Gruppen erarbeiteten sie fachliche Inputs zu den Themen Geologie, Geomorphologie, Hydrologie, Klima und Wetter, gesellschaftliche und wirtschaftliche Aspekte, Geschichte sowie Boden, Fauna und Flora. Diese Informationen wurden während der Exkursion vor Ort, also am realen Objekt, besprochen. Zusätzlich war jede Gruppe für die Organisation von einem der sieben Tage verantwortlich.

Durch diese besondere Exkursionsform mutierten die Leiter zu Begleitern und die Studierenden zu Leitenden. Auch weil sich alle – Studierende und Begleiter – gleichwertig einbringen konnten, wurde das alpine Trekking zu einem einmaligen Erlebnis. Diese interaktive Exkursionsform hat sich meiner Ansicht nach sehr bewährt: neben der inhaltlichen Vertiefung vor Ort, der physischen Wahrnehmung von Höhe, Steilheit und Witterung ergab sich eine einmalige Gruppendynamik, die nicht nur zu engagierten Diskussionen führte, sondern auch dafür sorgen wird, dass diese Wanderung in nachhaltiger, positiver Erinnerung bleibt.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Exkursion Thusis – Chiavenna sowohl inhaltlich als auch organisatorisch. Kern des Berichtes bilden die einzelnen, von den Studierenden im Vorfeld der Exkursion vorbereiteten Dokumente, die nach der Exkursion aufgrund der vor Ort gemachten Erfahrungen überarbeitet wurden. Die Synthese „Vision 2050“ fasst die Exkursion in kurzer Form zusammen.

Ich danke allen Studierenden und meinen Mitarbeitern Gregor Doppmann und Jan Schwanbeck, die sich sehr für diese Exkursion engagiert haben, für die tolle Exkursionswoche. Ich jedenfalls bin glücklich, bereichert von einer neuen Erfahrung, sehr zufrieden, aber auch mit müden Beinen nach Hause zurückgekehrt.

Rolf Weingartner



Inhaltsverzeichnis

1	Organisatorisches	11
1.1	Geographische Raumanalyse	11
1.1.1	Einleitung	11
1.1.2	Inhaltliche Zielsetzung und Leitfragen	11
1.2	Tagesprogramme	14
1.2.1	Sonntag - 25.08.2013	14
1.2.2	Montag - 26.08.2013	17
1.2.3	Dienstag - 27.08.2013	19
1.2.4	Mittwoch - 28.08.2013	21
1.2.5	Donnerstag - 29.08.2013	24
1.2.6	Freitag - 30.08.2013	26
1.2.7	Samstag - 31.08.2013	28
2	Geschichte	29
2.1	Die Säumerei	29
2.2	Alpen und Nationalstaat Schweiz	33
2.2.1	„Homo alpinus“	33
2.2.2	„Crestawald“ – „lieux de mémoire“	34
2.2.3	Streitgespräch Tanner und Somm	35
2.3	Die Reise der Hoffnung	35
2.4	Via Spluga: Der Splügenpass	36
2.5	Madesimo	37
2.5.1	Lokalgeschichte	37

2.6	Chiavenna	38
2.6.1	Geographie und Geschichte	38
2.6.2	Sehenswürdigkeiten	39
3	Humangeographie	41
3.1	Einführung	41
3.1.1	Methodik	41
3.1.2	Fragestellungen	41
3.2	Stand des Wissens	42
3.2.1	Gemeindestatistik Schweiz	42
3.2.2	Ferienregion Viamala	43
3.2.3	Tourismus Kt. GR und Viamala	44
3.2.4	Direktzahlungen für die Landwirtschaft	52
3.2.5	Siedlungsstruktur der Gemeinde Splügen	53
3.3	Wirtschaftliche Situation der Region	54
3.3.1	Die Slow-City-Bewegung in Chiavenna	56
3.3.2	Landwirtschaftspolitik und Abwanderung	58
3.4	Beobachtungen im Raum	59
3.5	Fazit	60
3.6	Bilddokumentation	61
4	Flora, Moore und Fauna	65
4.1	Flora	65
4.1.1	Modell Höhenstufen der Vegetation	66
4.1.2	Baumarten	67
4.1.3	Alpine Rasen und Flechten	73
4.1.4	Zeigerpflanzen	75
4.2	Moore	81
4.2.1	Hochmoore	82
4.2.2	Flachmoore	82
4.2.3	Moorlandschaften	82
4.3	Fauna	89
4.3.1	Säugetiere und gleichwarme Tiere	89
4.3.2	Wechselwarme Tiere	90
4.3.3	Insekten und Gliederfüssler	91
4.4	Biodiversität und Höhe	91

5	Böden und Landnutzung	93
5.1	Böden in alpiner Region	93
5.1.1	Höhenbedingte Veränderungen	94
5.1.2	Typische Bodentypen in den Alpen	95
5.2	Bodenkarten in Graubünden	97
5.2.1	Bodenkarte von Thusis	97
5.2.2	Bodenhinweiskarte Thusis-Splügen mit Erläuterungen	98
5.3	Landnutzungseinflüsse auf die Vegetation	100
5.3.1	Auswirkungen der Landwirtschaft auf Wiesen und Weiden	100
5.3.2	Kastanienselven	101
5.3.3	Niederwald	101
6	Wetter und Klima	103
6.1	Einleitung	103
6.2	Makroklima des Exkursionsgebiets	104
6.2.1	Temperaturen	104
6.2.2	Niederschlag	104
6.2.3	Klimaentwicklung	105
6.2.4	Klima entlang des Exkursionstranseks	107
6.3	Energiebilanz	107
6.3.1	Energiebilanz der Erde	109
6.3.2	Energiebilanz im Gelände	110
6.4	Berg-Tal-Wind-System	110
6.4.1	Modell zur Hangerwärmung	111
6.4.2	Spezialfall Malojawind	113
6.5	Föhn	114
6.5.1	Adiabatische Prozesse	115
6.5.2	Hydrostatische Eigenschaften	115
6.5.3	Typische Föhnwetterlagen	116
7	Hydrologie	119
7.1	Rhein und Hinterrhein	119
7.1.1	Eckdaten Rhein und Hinterrhein	119
7.1.2	Alpen – Gebirge als Wasserschloss	119
7.2	Abflussabschätzung im Einzugsgebiet	122
7.3	Wasserkraft in der Schweiz	125
7.4	Wasserscheide Rhein-Po	126

7.5	Wasserversorgung auf SAC-Hütten	126
7.6	Lago di Lei und Gewässerökologie	127
7.6.1	Bau, bilaterale Abkommen und Verschwinden einer Alplandschaft	127
7.6.2	Wasserkraftnutzung und Umweltschutz	128
7.6.3	Vorfall an der Spöl	128
7.7	Gletscherrückgang und Glaziale Hydrologie	129
8	Geologie	131
8.1	Einleitung	131
8.2	Tektonik des Untersuchungsraums	132
8.3	Nolla-Ton	134
8.4	Via Mala	135
8.5	Steinbruch Andeer	137
8.6	Bodenschätze	137
8.7	Geologischer Überblick	140
8.8	Lai da Vons	146
8.9	Splügenpass	150
8.10	Hydrogeologie	152
8.11	Chiavenna Ophiolithe	157
9	Geomorphologie	159
9.1	Erarbeitung theoretischer Grundlagen	159
9.1.1	Geomorphologische Prozesse	159
9.1.2	Gefahrenkarte	160
9.1.3	Schutzwald	161
9.2	Praktische Umsetzung: Übungen	162
9.2.1	Einleitung	162
9.2.2	Kriechformen in Mathon	162
9.2.3	Gefahrenprozesse Splügen	164
9.2.4	Erkennen und Bestimmen von grossräumigen Strukturen	165
9.2.5	Kartierung am Wildbachschuttkegel Macolini	169
9.2.6	Kartierung Einzugsgebiet Wildbach Rabbiosa	170
10	Synthese	173
10.1	Vision 2050	174
10.1.1	Alpwirtschaft	174

10.1.2 Einzelne Siedlungen	174
10.1.3 Wasserkraft	176
10.1.4 Tourismus	176

Geographische Raumanalyse

Einleitung

Inhaltliche Zielsetzung und Leitfragen

Tagesprogramme

Sonntag - 25.08.2013

Montag - 26.08.2013

Dienstag - 27.08.2013

Mittwoch - 28.08.2013

Donnerstag - 29.08.2013

Freitag - 30.08.2013

Samstag - 31.08.2013

1 — Organisatorisches

1.1 Geographische Raumanalyse

1.1.1 Einleitung

Während des 7-tägigen Trekkings vom 25. bis 31.8.2013 wurden charakteristische physisch- und humangeographische Aspekte des schweizerisch/italienischen Alpenraums erarbeitet. Die in sieben Abschnitte unterteilte Route (vgl. Tab. 1.1) führte von Thusis am nördlichen Ende des südwestbündnerischen Val Schons (Schamsertal) über den Splügenpass bis nach Chiavenna im Norden der italienischen Lombardei (vgl. Abb. 1.1).

Tab. 1.1: Übersichtstabelle: Tagesetappen

Datum (Tag)	Tagesetappen	Strecke (ÖV) [km]
25.08. (So)	Anreise nach Thusis und Wanderung nach Mathon	11 (21)
26.08. (Mo)	Mathon – Cufercalhütte (CAS)	13.5 (0)
27.08. (Di)	Cufercalhütte – Splügen Dorf	14 (4.5)
28.08. (Mi)	Splügen Dorf – Lago di Monte Spluga – Rifugio Bertacchi (CAI)	10 (9)
29.08. (Do)	Rif. Bertacchi – Madesimo – Rif. Chiavenna (CAI)	13.5 (0)
30.08. (Fr)	Rif. Chiavenna (CAI) – Gualdera – Chiavenna (Bus)	14.5 (13)
31.08. (Sa)	Chiavenna – Gualdera (Bus) – Alpe Averro – Chiavenna	17 (17)
01.09. (So)	Abreise von Chiavenna	–

1.1.2 Inhaltliche Zielsetzung des Feldkurses und Leitfragen

Entlang dieses von den Studierenden ausgewählten Nord-Süd-Profiles wurden Gemeinden bzw. Regionen mit unterschiedlichen Entwicklungsstrukturen durchquert oder gestreift. Über den ganzen Alpenbogen identifizierten [TAPPEINER ET AL. \(2008\)](#) acht klar voneinander abgrenzbare

⁰Kapitel verfasst von: Jan Schwanbeck und Gregor Doppmann.



Abb. 1.1: Übersichtskarte zur Exkursionsroute von Thuisis (Schweiz) über den Splügenpass nach Chiavenna (Italien). Die eingezeichneten Nummern 1–7 symbolisieren die Etappenziele und somit auch die Orte der Übernachtungen. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

Entwicklungsstrukturen, die wie folgt definiert werden:

1. Arbeitsplatzzentren: hohes positives Pendlersaldo, gute Verkehrsanbindung, grossflächig verbaut, gutes Arbeitsplatzangebot
2. Wohngemeinden: typische Wohn- und Schlafgemeinden im Umfeld von Arbeitsplatzzentren, Pendeln ohne grossen Zeitverlust möglich aufgrund guter Verkehrsanbindung
3. Tourismusgemeinden: sehr gut entwickelte Tourismusbranche, viele Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor, ländliche Gemeinden mit funktionierender Landwirtschaft und intakter Kulturlandschaft
4. Dynamischer ländlicher Raum: ländliche Lage und dynamischer Arbeitsmarkt, noch intakte Landwirtschaft (kaum aufgegebene Betriebe oder Flächen), trotzdem überdurchschnittlich hohe Abwanderungsrate vieler Erwerbstätiger
5. Alpine Standardregion: geringe Tourismusintensität, Rückzug der Landwirtschaft, negativer Pendlersaldo, ausgeglichene Zuwanderungs- und Geburtenrate verhindert zu starke Überalterung der Bevölkerung
6. Ländliches Rückzugsgebiet: Bevölkerung pendelt aufgrund guter Verkehrsanbindung zur Arbeit und behält Lebensmittelpunkt im Hinterland, starker Rückzug der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten; hohe Landschaftsvielfalt, weite Gebiete naturbelassen, kaum zerschnitten
7. Traditionelle Landwirtschaftsregion: starke Überalterung der Bevölkerung und schlechte Verkehrsanbindung, extensive Fortführung von Landwirtschaft aus Mangel an Alternativen im Dienstleistungs- oder Tourismussektor

8. Vergessener ländlicher Raum: Überalterung der Bevölkerung und besonders starker Rückzug der Landwirtschaft, sehr schlechte Verkehrsanbindung.

TAPPEINER ET AL. (2008) haben die aus jeweils mehreren Gemeinden bestehenden Regionen entlang der Exkursionsroute den Entwicklungsstrukturklassen 3., 4. und 5. zugeordnet.

Im Rahmen der Exkursion werden charakteristische physisch- und humangeographische Aspekte des schweizerischen Alpenraums betrachtet und die Klassifikation von TAPPEINER ET AL. (2008) vor Ort verifiziert sowie verfeinert.

Für die Bewertung des Mensch-Umwelt-Systems bieten sich die folgenden übergreifenden Leitfragen an:

- Auf welche Art und Weise wird die Landschaft entlang des die Alpen querenden Transektes durch den Menschen genutzt und welche internen bzw. externen Faktoren (Abb. 1.2) werden als mögliche Ursachen erkannt?
- Fand über die letzten 50, 100 oder 200 Jahre ein Strukturwandel statt und weshalb?
- Anhand welcher Indikatoren lassen sich Grenzen zwischen Regionen mit unterschiedlicher Entwicklungsstruktur identifizieren?

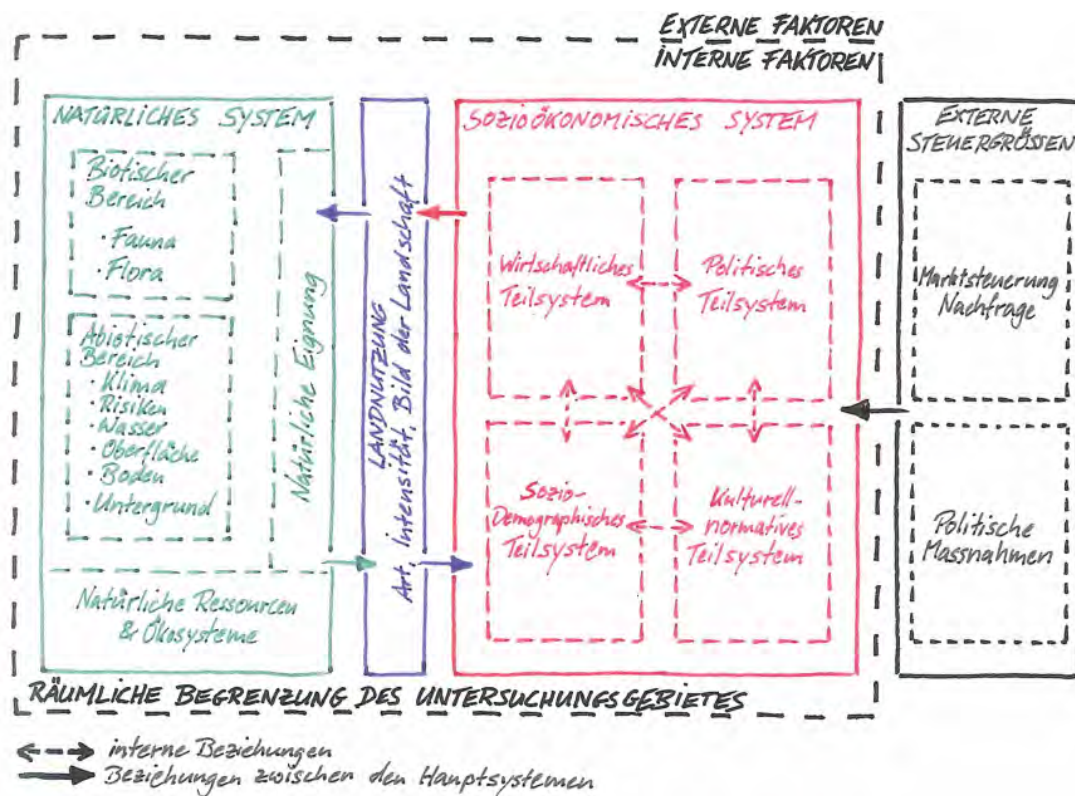


Abb. 1.2: Repräsentation eines regionalen Mensch-Umwelt-Systems im Rahmen des Schweizerischen Man and Biosphere-Programms. Quelle: MESSERLI UND REY (2011)

1.2 Tagesprogramme

1.2.1 Sonntag - 25.08.2013

Tab. 1.2: Tagesprogramm für Sonntag den 25.08.2013, verantwortliche Gruppe: Humangeographie. Uhrzeiten, die Dauer ΔT , die Wanderstrecke ΔL sowie die Höhendifferenz ΔH wurden den Planungsunterlagen entnommen.

Zeiten	Orte	Tätigkeit	ΔT [min]	ΔL (ÖV) [km]	ΔH [m]	Bemerkungen
06:32	Bern	Anreise	–	–	–	Individuell
09:30	Thusis	Begrüssung I	15	–	–	Anwesenheitskontrolle Material verteilen
09:45	Thusis	Wanderung	45	3	+270	in Gruppen
10:30	Burg Hohenrätien	Begrüssung II	15	–	–	Tagesplanung
10:45	Burg Hohenrätien	Posten 1	120	–	–	Beiträge zu Humangeographie, Boden, Geschichte, Geologie, Klima, Hydrologie
12:45	Burg Hohenrätien	Mittagspause	30	–	–	–
13:15	Burg Hohenrätien	Wanderung	90	4	+200 / -275	–
14:45	Viamala- schlucht	Posten 2	60	1	-50 / +50	Besichtigung der Schlucht (Gruppe Geologie)
15:42	Kiosk Viamala- schlucht	Postauto nach Andeer	9	(8)	–	HT: 2.60 CHF
16:00	Andeer	Posten 3-5	120	2	–	Posten zu Geologie, Flora
18:46	Andeer	Postauto nach Mathon	29	(13)	–	HT: 4.40 CHF
19:15	Mathon Schulhaus	Hausbezug	30	–	–	–
19:45	Mathon Rest. Muntsulei	Nachtessen	75	1	–	–
20:45	Mathon	Postenarbeit	60	–	–	Beiträge zu Geomorphologie, Klima
Total	–	–	–	11	+520	–
	–	–	–	(21)	-325	–

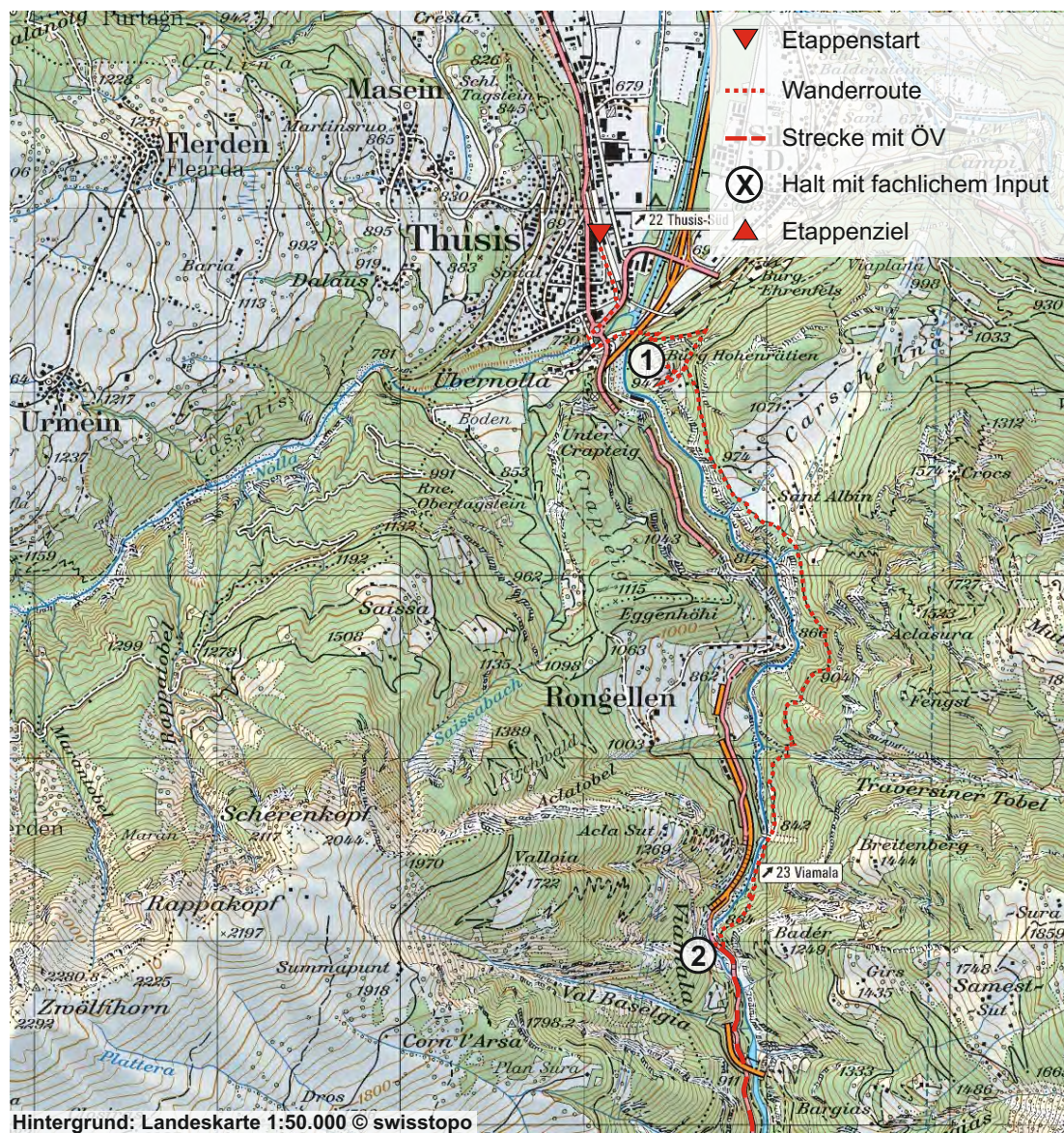


Abb. 1.3: Erster Kartenausschnitt zur Exkursionsroute von Thun nach Mathon am Sonntag, dem 25.08.2013; Fortsetzung siehe Abbildung 1.4. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

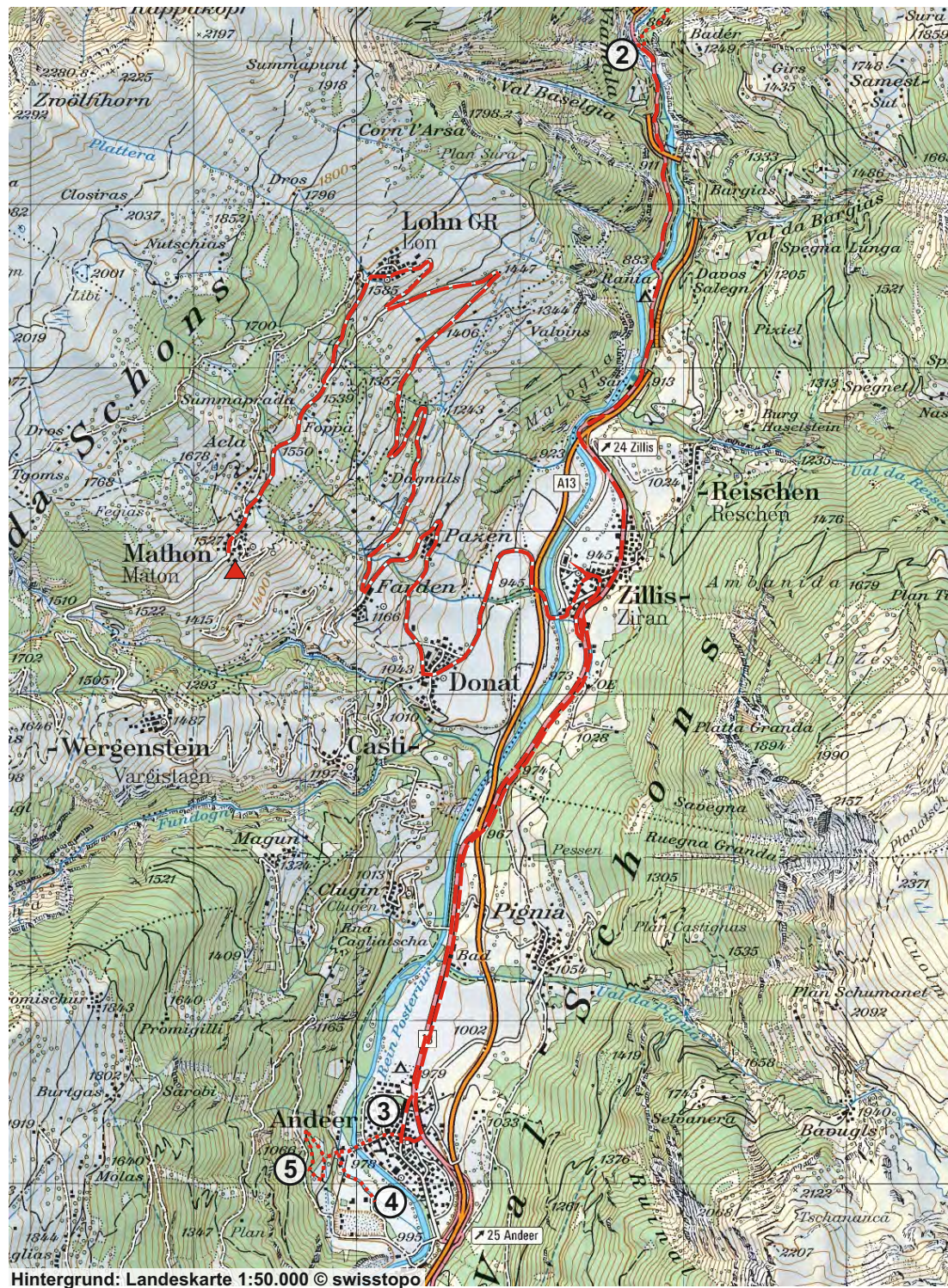


Abb. 1.4: Zweiter Kartenausschnitt zur Exkursionsroute von Thusis nach Mathon am Sonntag, dem 25.08.2013. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

1.2.2 Montag - 26.08.2013

Tab. 1.3: Tagesprogramm für Montag den 26.08.2013, verantwortliche Gruppe: Geschichte. Uhrzeiten, die Dauer ΔT , die Wanderstrecke ΔL sowie die Höhendifferenz ΔH wurden den Planungsunterlagen entnommen.

Zeiten	Orte	Tätigkeit	ΔT [min]	ΔL (ÖV) [km]	ΔH [m]	Bemerkungen
07:00	Mathon Rest. Muntsulei	Morgenessen	–	–	–	Info's zum Tagesprogramm
08:00	Mathon Rest. Muntsulei	Besprechung Wetterlage	15	–	–	
09:00	Mathon	Wanderung	300	8	+770 / -150	in Gruppen
	unterwegs	Posten 1	40	–	–	Beitrag zur Hydrologie eines Kleinzugsgebiets
12:00	unterwegs	Mittagessen	45	–	–	
14:15	Alp Anarosa	Posten 2	15	–	–	Beitrag zu Böden und Flora
14:30	Alp Anarosa	Wanderung	140	5.5	+330 / -200	
	unterwegs	Posten Geo- morphologie	15 min	–	–	Info's zu Formen und Prozessen
	unterwegs	Posten Geologie	60	–	–	Info's zur Geologie
16:45	Cufercalhütte	Ankunft / Pause	15	–	–	Gepäck deponieren
17:00	Cufercalhütte	Wanderung	30	1	+170	fakultativ
17:30	Piz Calandari	Posten Geo- morphologie	15	–	–	Thema: Naturgefahr Bergsturz
18:00	Piz Calandari	Wanderung	15	1	-170	fakultativ
18:15	Cufercalhütte	Hüttenbezug	30	–	–	
18:45	Cufercalhütte	Nachtessen	75	–	–	
20:00	Cufercalhütte	Posten Geschichte	60	–	–	Streitgespräch Somm vs. Tanner über Bedeutung von General Guisan (Réduit)
21:00	Cufercalhütte	Besprechung des Folgetags	30	–	–	
Total	–	–	–	13.5	+1100	–
	–	–	–	(0)	-350	–

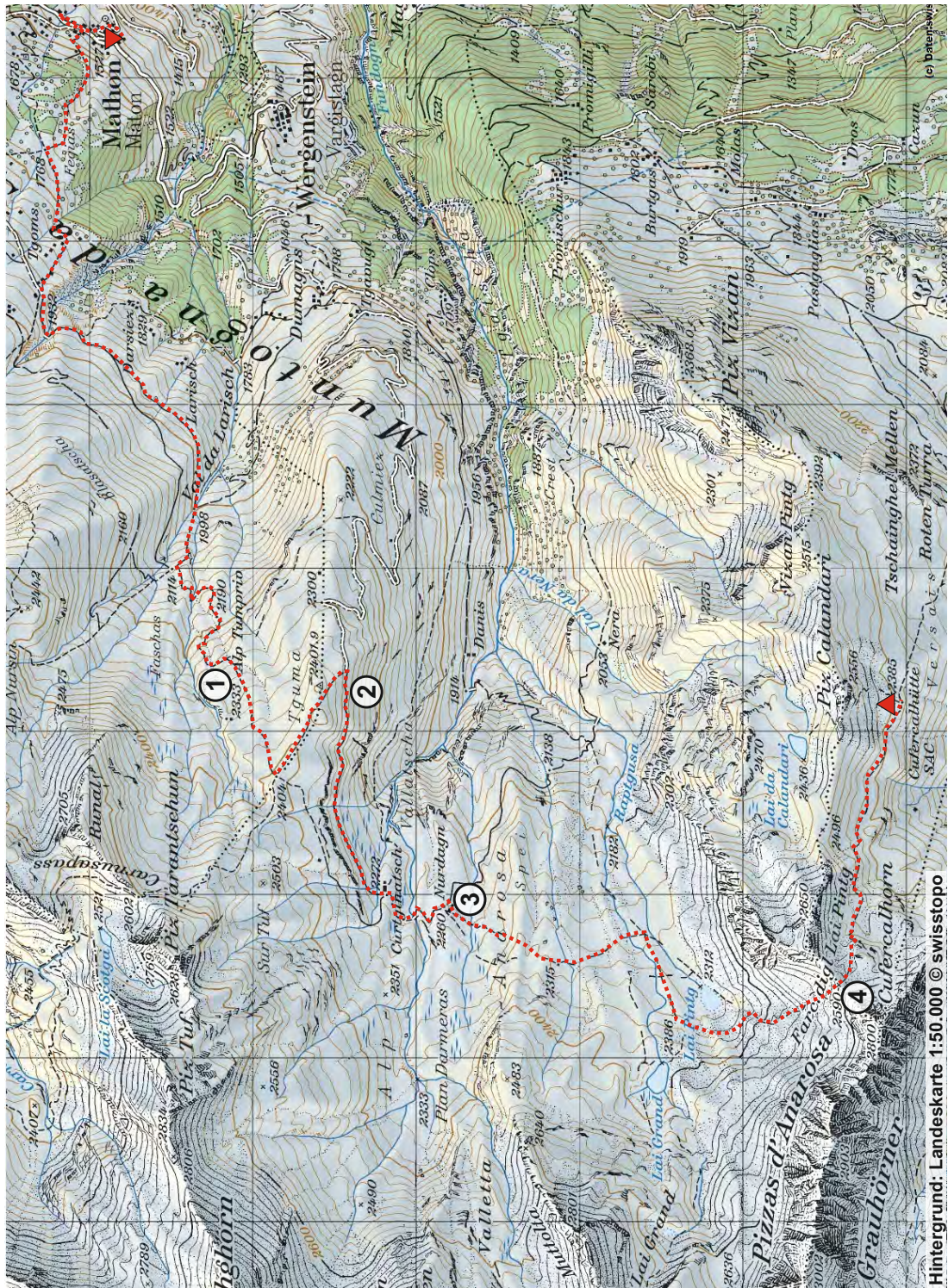


Abb. 1.5: Kartenausschnitt zur Exkursionsroute von Mathon zur Cufercalhütte am Montag, dem 26.08.2013. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

1.2.3 Dienstag - 27.08.2013

Tab. 1.4: Tagesprogramm für Dienstag den 27.08.2013, verantwortliche Gruppe: Geologie. Uhrzeiten, die Dauer ΔT , die Wanderstrecke ΔL sowie die Höhendifferenz ΔH wurden den Planungsunterlagen entnommen.

Zeiten	Orte	Tätigkeit	ΔT [min]	ΔL (ÖV) [km]	ΔH [m]	Bemerkungen
06:45	Cufercalhütte	Morgenessen	30	–	–	Info's zum Tagesprogramm
07:15	Cufercalhütte	Besprechung Wetterlage	15	–	–	
07:30	Cufercalhütte	Abstieg zum Hochmoor	60	3.6	-400	in Gruppen
08:30	Hochmoor Caritsch	Expertenführung	60	–	–	Thema: Hochmoor, Schutzgebiete
09:30	Hochmoor Caritsch	Abstieg nach Sufers	70	3.4	-500	Hochmoor, Schutzgebiete
	unterwegs	Posten Klima	10	–	–	Thema: Höhengradient
	Lai da Vons	Posten	15	–	–	Tektonische Prozesse
	Brekzie	Posten	10	–	–	Info's zu Aufschluss und Übung
		Geologie				
11:15	Sufers	Einkauf im Dorflädl	45	–	–	
12:00	Sufers	Wanderung	30	2	-100	
12:30	Sufnersee Stauwerk	Mittagessen	45	–	–	
13:15	Sufnersee Stauwerk	Vortrag von Expertem und Diskussion	60	–	–	Thema: Wasserkraftnutzung in den Alpen
14:15	Sufnersee Stauwerk	Wanderung	15	1	-60 / +30	
14:30	Festungsmuseum Crestawald	Führung	60	–	–	Thema: Réduit im 2. Weltkrieg
15:30	Festungsmuseum	Wanderung	30	2	+100	
16:02	Sufers	Postauto nach Splügen Dorf	5	(4.5)		
16:10	Splügen Dorf	Posten Gemorphologie	50	1	–	Naturgefahren in Splügen
17:00	Splügen Dorf	Fussweg zum Zeltplatz	15	1	–	
		Strandboden				
17:15	Strandboden	Hausbezug	45	–	–	
18:00	Strandboden	Abendessen	60	–	–	
19:00	Strandboden	Posten Humangeographie	60	–	–	Landwirtschaft, Fördermassnahmen
20:00	Strandboden	Posten Geschichte	120	–	–	Film: Reise der Hoffnung
Total	–	–	–	14	+130	–
	–	–	–	(4.5)	-1060	–

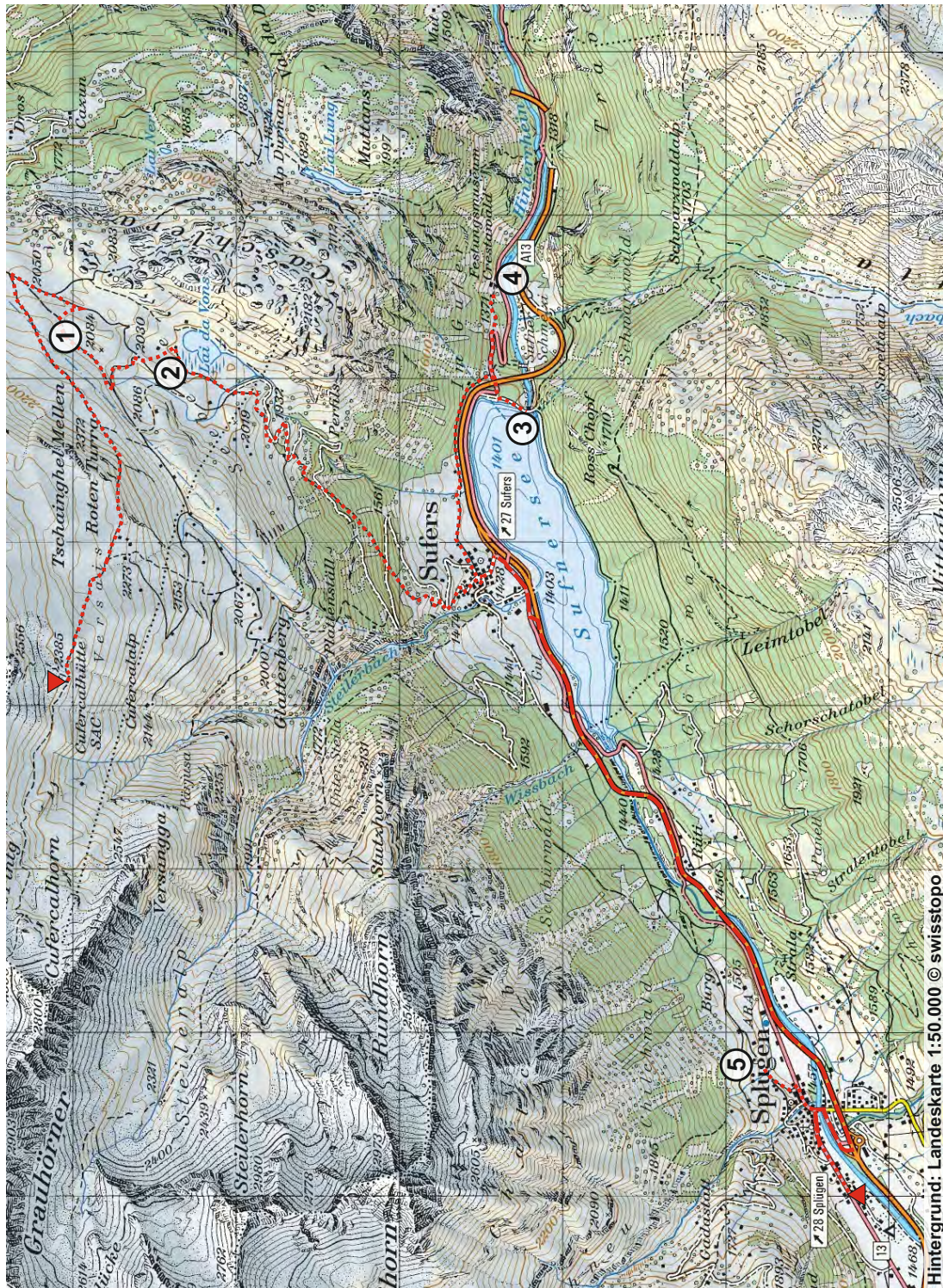


Abb. 1.6: Kartenausschnitt zur Exkursionsroute von der Cufercalhütte nach Splügen Dorf am Dienstag, dem 27.08.2013. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

1.2.4 Mittwoch - 28.08.2013

Tab. 1.5: Tagesprogramm für Mittwoch den 28.08.2013, verantwortliche Gruppe: Klima und Wetter. Uhrzeiten, die Dauer ΔT , die Wanderstrecke ΔL sowie die Höhendifferenz ΔH wurden den Planungsunterlagen entnommen.

Zeiten	Orte	Tätigkeit	ΔT [min]	ΔL (ÖV) [km]	ΔH [m]	Bemerkungen
07:00	Splügen Strandboden	Morgenessen	60	–	–	Info's zum Tagesprogramm, Besprechung der Wetterlage
08:00	Splügen Strandboden	Fussweg zur Bushaltestelle	10	1	–	
08:20	Splügen	Postauto nach Splügen Grenze	10	(9)	–	
08:30	Splügenpass	Fussweg nach Monte Spluga	30	2	–	
09:00	Monte Spluga	Posten 1	40	–	–	Klima: Föhn Geschichte: Splügenpass als Grenze Geologie: Geologie der Region Hydrologie: Wasserscheide
			20	–	–	
			30	–	–	
			30	–	–	
11:15	Monte Spluga	Aufstieg zu Lago Nero	90	4	+400	
12:00	unterwegs	Mittagessen	45	–	–	
13:30	Lago Nero	Zustieg zur Rifugio Bertacchi	90	3	+80 / -200	
		Posten Geo- morphologie				
	unterwegs	Posten Geo- morphologie	90	–	–	Thema: Grossräumige Strukturen
16:30	Rif. Bertacchi	Beziehen der Unterkunft	30	–	–	
17:00	Rif. Bertacchi	Postenarbeit, Nachbespre- chung, Diskussion	120	–	–	Themen: u.a. Tourismus in den Alpen
19:30	Rif. Bertacchi	Nachtessen	150	–	–	inkl. Besprechung Programm Folgetag
Total	–	–	–	10	+480	–
	–	–	–	(9)	-200	–



Abb. 1.7: Erster Kartenausschnitt zur Exkursionsroute von Splügen Dorf zum Rifugio Bertacchi am Mittwoch, dem 28.08.2013; Fortsetzung siehe Abbildung 1.8. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

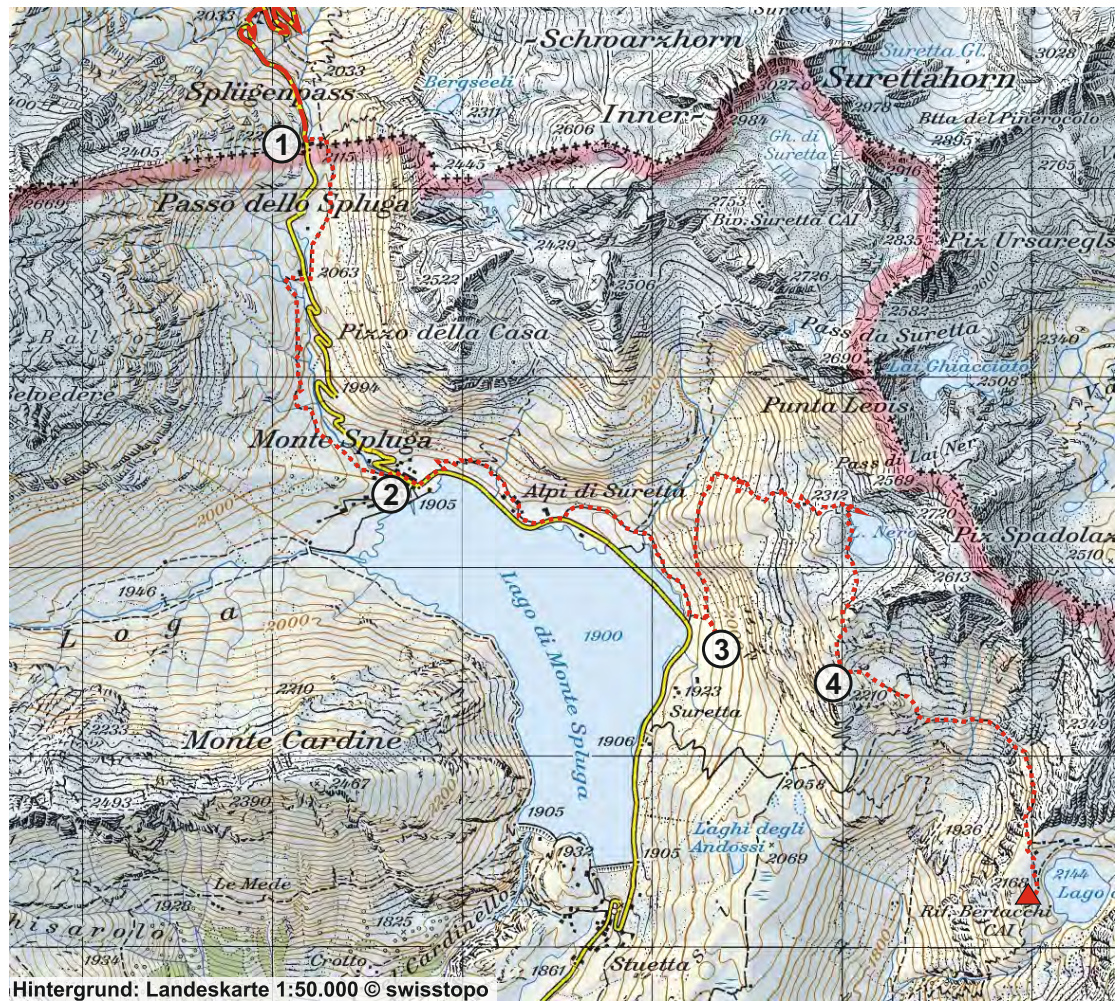


Abb. 1.8: Zweiter Kartenausschnitt zur Exkursionsroute von Splügen Dorf zum Rifugio Bertacchi am Mittwoch, dem 28.08.2013; für den ersten Kartenausschnitt siehe Abbildung 1.7. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

1.2.5 Donnerstag - 29.08.2013

Tab. 1.6: Tagesprogramm für Donnerstag den 29.08.2013, verantwortliche Gruppe: Boden, Flora und Fauna. Uhrzeiten, die Dauer ΔT , die Wanderstrecke ΔL sowie die Höhendifferenz ΔH wurden den Planungsunterlagen entnommen.

Zeiten	Orte	Tätigkeit	ΔT [min]	ΔL (ÖV) [km]	ΔH [m]	Bemerkungen
07:30	Rif. Bertacchi	Morgenessen	60	–	–	
08:30	Rif. Bertacchi	Beitrag der Gruppe Klima	15	–	–	Besprechung der Wetterlage; Info's zum Tagesprogramm.
09:00	Rif. Bertacchi	Abstieg zu Halt 1	90	3.5	-500	Halt 1: Murgangkegel und Schutzbauwerk
10:30	Halt 1	Postenarbeit Geomorphologie	30	–	–	Naturgefahr Wildbäche und Murgang
11:00	Halt 1	Wanderung nach Madésimo	30	2	-100	
11:30	Madésimo	Posten Geschichte und Human-geographie	30	–	–	Facts zu Madésimo sowie zur historischen Entwicklung
12:00	Madésimo	Mittagessen	60	–	–	individuell
13:00	Madésimo	Aufstieg zur Rifugio Chiavenna	210	8	+700 / -150	
	unterwegs	Posten Humangeographie	30	–	–	Themen: Wirtschaft, Tourismus; Besprechung der Eindrücke in Madésimo
	unterwegs	Posten Geschichte	15	–	–	Thema: Homo Alpinus
17:15	Rif. Chiavenna	Hausbezug	45	–	–	
18:00	Rif. Chiavenna	Posten Geomorphologie, Hydrologie, Geologie	90	–	–	Themen: Geologischer Atlas der Schweiz, Hydrogeologische Karte, Wasserqualität
19:30	Rif. Chiavenna	Abendessen	90	–	–	
Total	–	–	–	13.5	+700	–
	–	–	–	–	-750	–



Abb. 1.9: Kartenausschnitt zur Exkursionsroute vom Rifugio Bertacchi über Madésimo zum Rifugio Chiavenna am Donnerstag, dem 29.08.2013. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

1.2.6 Freitag - 30.08.2013

Tab. 1.7: Tagesprogramm für Freitag den 30.08.2013, verantwortliche Gruppe: Hydrologie. Uhrzeiten, die Dauer ΔT , die Wanderstrecke ΔL sowie die Höhendifferenz ΔH wurden den Planungsunterlagen entnommen.

Zeiten	Orte	Tätigkeit	ΔT [min]	ΔL (ÖV) [km]	ΔH [m]	Bemerkungen
07:30	Rif. Chiavenna	Aufstieg zum Passo Angeloga	105	4	+300	nur Notizen, Wasser mitnehmen
09:15	Passo Angeloga, Lago Caldera	Posten Klima und Hydrologie	75	–	–	Themen: Gletscherproblematik, Strahlungsbilanz
10:30	Passo Angeloga	Abstieg zu Rif. Chiavenna	90	4.5	-300	
12:00	Rif. Chiavenna	Mittagessen	45	–	–	
12:45	Rif. Chiavenna	Posten Geo- morphologie	15	–	–	Vorbereitung der Kartierung des Wildbaches Rabbiosa während des Abstiegs
13:00	Rif. Chiavenna	Abstieg nach Fraciscio	100	5	-630	Kartierung
14:40	Fraciscio	Pause + Posten Geo- morphologie	30	–	–	Auswertung der Kartierung
15:10	Fraciscio	Abstieg nach Campodolci- no	40	1	-250	
16:00	Campodolcino	Museumsbesuch	60	–	–	Heimatmuseum, Carden
17:01	Campodolcino	Postauto nach Chiavenna	39	(13)	–	
18:00	Chiavenna	Beziehen der Unterkunft	45	–	–	
19:00	Chiavenna	Stadtrundgang und Nachtessen	120	–	–	
21:00	Chiavenna	Freizeit	–	–	–	
Total	–	–	–	14.5	+300	–
	–	–	–	(13)	-1180	–



Abb. 1.10: Kartenausschnitt zur Exkursionsroute vom Rifugio Chiavenna nach Campodolcino und weiter mit dem Postauto nach Chiavenna am Freitag, dem 30.08.2013 und zur Route von Gualdera (Anfahrt mit Postauto von Chiavenna) zurück nach Chiavenna am Samstag, dem 31.08.2013. Hintergrundkarte von [SWISSTOPO](#) (2013).

1.2.7 Samstag - 31.08.2013

Tab. 1.8: Tagesprogramm für Samstag den 31.08.2013, verantwortliche Gruppe: Geomorphologie. Uhrzeiten, die Dauer ΔT , die Wanderstrecke ΔL sowie die Höhendifferenz ΔH wurden den Planungsunterlagen entnommen.

Zeiten	Orte	Tätigkeit	ΔT [min]	ΔL (ÖV) [km]	ΔH [m]	Bemerkungen
07:30	Chiavenna Bahnhof	Morgenessen	30	–	–	nur Tagesrucksack
08:00	Chiavenna	Postauto nach Gualdera	45	(17)	–	Unterwegs Einkaufsstop
08:45	Gualdera	Aufstieg nach Motto di Bondeno	75	5	+400	
10:00	Motto di Bondeno	Posten Geo- morphologie	20	–	–	Thema: Schutzwald
10:20	Motto di Bondeno	Wanderung nach Alpe Avero	30	2	-100	
10:50	Alpe Avero	Posten Humangeo- graphie	55	–	–	Thema: Alpwirtschaft in Italien; Besichtigung Alpe Avero
11:45	Alpe Avero	Wanderung nach Motto	15	1	+10	Sammelpunkt
12:00	Motto	Wanderung nach Dalò	75	5	-450	in Kleingruppen
13:15	Dalò	Mittagessen	45	–	–	
14:00	Dalò	Posten Klima	20	–	–	Thema: Thermische Windsysteme
14:20	Dalò	Abstieg nach Chiavenna	120	4	-700	
	unterwegs	Posten Klima	10	–	–	Thema: Mikroklima
16:30	Chiavenna	Pause	30	–	–	
17:00	Chiavenna	Synthese und Nachbe- sprechung der Exkursion	120	–	–	
19:00	Chiavenna	Abendessen und Freizeit	–	–	–	
Total	–	–	–	17	+410	–
	–	–	–	(17)	-1250	–

Die Säumerei

Alpen und Nationalstaat Schweiz

„Homo alpinus“

„Crestawald“ – „lieux de mémoire“

Streitgespräch Tanner und Somm

Die Reise der Hoffnung

Via Spluga: Der Splügenpass

Madesimo

Lokalgeschichte

Chiavenna

Geographie und Geschichte

Sehenswürdigkeiten

2 — Geschichte

2.1 Gütertransport über die Alpen: Die Säumerei

Als Säumerei wird der gewerbsmässige Transport von Kaufmannswaren über Gebirgspässe bezeichnet ([STADLER, 2013](#)). Dazu wurden Pferde, Maultiere, Esel oder Kühe als Saumtiere für den regionalen oder transalpinen Warentransport eingesetzt. Die erste Dokumentation die Säumerei an sich belegt, stammt aus dem 14. Jahrhundert. Doch bereits zu Ur- und Römerzeiten wurden auf diese Weise Waren transportiert. Bis zum 19. Jahrhundert erlebte die Säumerei eine Blütezeit. Der Warentransport erfolgte von Sust zu Sust (Warenniederlager) und beinhaltete Güter wie Getreide, Butter, Käse, Seide oder Werkzeuge und Waffen. Die Transportmenge war im Sommer grösser als in der Winterzeit. Um den Transport zu ermöglichen, mussten die Säumerpfade ausgebaut und unterhalten werden.

Säumer schlossen sich in Genossenschaften, sogenannten Roden zusammen. Für den Beitritt einer Rode war in der Regel der Besitz eines Saumtiers mit Ausrüstung, oft auch die Hinterlegung einer Kautio oder eine Bürgschaft notwendig. Verschiedene Genossenschaften des gleichen Säumerpfades schlossen sich zusammen. In Graubünden existierten vor dem 16. Jahrhundert fünf solcher Verbände, sogenannte Porten. Der originale Viamala-Brief aus dem Jahr 1473 vermittelt einen Einblick in die damalige Transportregelung über den Splügenpass durch den Thusner Port. Die Mitglieder dieser Porten hatten auf ihrer Wegstrecke das Transportmonopol. So mussten Waren auf einer Route mehrmals umgeladen werden. Auf dem Säumerpfad von Chur nach Chiavenna wurden die Waren insgesamt fünf Mal ab- und aufgeladen. Porten verfügten auch über eigene Gesetze und Regeln. Säumer leisteten ihren Dienst nach einer festen zeitlichen Regelung, der Rotation oder Rod, die auf Anweisung der Teiler oder Sustmeister ausgeführt wurde. Die Burg Hohen Rätien (Abb. 2.1) am Eingang zur Viamala Schlucht diente beispielsweise als „Zoll- und Kontrollstelle“ des Warenverkehrs zwischen den beiden Städten Konstanz und Mailand.

⁰Kapitel verfasst von: Andrea Susanna Adamer, Aurélie Vuilliomenet und Matthias Wiggenhauser.



Abb. 2.1: Historische Zeugnisse aus der Zeit der Säumerei. Links: Gemälde von Johann Jakob Meyer - Der alte Weg durch den Cardinello ([KANTON GRAUBÜNDEN, 2011](#)). Rechts: Burg Hohen Rätien am Eingang zur Viamala Schlucht (Foto: Andrea Adamer)

Durch den Bau von „Kunststrassen“, wie der des San Bernardino 1905, wurden die Waren mit Wagen über diese Fahrstrassen transportiert. Dies führte dazu, dass die Transportmenge mit Saumtieren massiv abnahm. Durch den Bau der Alpenbahnen Ende des 19. Jahrhunderts verschwand die Säumerei über die Pässe jedoch endgültig. (Quelle: [WANNER \(2001\)](#); [ROTH-BIANCHI \(2007\)](#))

Box 2.1 — Original Viamala-Brief von 1473 ([HOHENRÄTIEN.CH, 2008](#)). *Wir Jörg, Grafe von Werdemberg, Sangasa, Herr zuo Ortenstein und am Heinzenberg unnd wir die nachpurschaften der dryen dörffer zuo Tuisis, Katz unnd Mazein Bekennend, vergehend unnd thuond kund allermenigklichen für uns unnd für alle unser Erben unnd nachkommen, das wier mit rat, willen, wissen und erlopnusse des gantzen unnd gemeinen lands Tumleschg, hie dis halben dess Rins Tuisis und Katz halben und mit einandern under redet, bedacht unnd angenommen haben zuo lob gott dem allmechtigen, och durch Ere, nutz und frommen willen gemeiner landen der porten, öch der kouflüten, fremder und heimscher, dennen so denn sölich Strassen zuo bruchende not ist, die richstras und den weg enzwüschend Tuisis und Schams, So man nempt Fyamala zuo howen, uffzuorichten und ze machen, damit ein Jeder fromm mann, frömde und heimsche person, kouflüt oder an der mit lerem libe und guot dester bas sicher und frye wandren hin In und har uß ungefarlichen und haben zuo sölichem Ein Jeden, so in unserm lande Seßhaft ist, ob Jemand Sölichs begert hat, geweit kommen lassen uff Sölich vorm und gestalt, wie hernach meldet und von stuk zuo stuk geschriben ist, dem ist also:*

Das wier die Fyamala und den weg enzwüschend Tuisis und Schams haben lassen howen und machen uff unsern Costung So denn wier mit Etlicher hilffe, Stür unnd rat, So die von Schams, Rinwald, Cleffertal und Masogsertal uns gestürt und gethen haben, wier Schwariichen mit grossem gelt und guot ußgegäben unnd erlitten haben mitsampt andrer grosser arbeit und müy, persönlich mit unserm lib und guot, daran vorhin lang zit bezwungenlich gotz gewalts halben, geprucht und verzert haben und noch alle zyt hierfür thun müssen täglichen. Unnd sind dis die persona zuo Tuisis, Katz und Mazain, So in der Rode begriffen sind: Als ersten Riget Damö, Gory, Hensly Gantabein, Dumenig, Micheischmid, Hensly Stäger, Casper Tila, Heinrich Gantabein, Hans Hermann, Cristen Graß, Peterman Graß, Heiny Täster, Albert Schnider, Schnupfer, Uorich Saly und Elsy Sin hußfrow, bedy ein rod, [...]. Mitt sölicher bescheidenheit, das wier obgenanten alle, So in der Rod begriffen sind und unser erben und nachkommen das koufmansguot fürn und verggen söllen und mugen, es sye rodguot oder ander fürleit guot jn sölicher vorm und wyse, das wier mitsampt den kouflüten des nutz, ere und frommen haben mügen, wie denn billich Erber und recht bißje von altem wesen dahergewonlich gewesen ist ze guten trüwen ungefarlich, Nun sölich koufmansguot zuo vertigen und nachzekommen, wie obbegriffen ist, haben wier alle und ain jeder so jnn diser rod begriffen ist, vertröst und trostung gegeben als vil als umb fünfzig Rinischer guldin, also ob sach were, da vor gott allzyt sin welle, das einer oder mer einem koufmann sin guot verfalte oder sust zuo schaden brecht mit verwaren läßlichen dingen der oxsen, der rossen mit wegnen, mit schnitten oder mit knechten oder sust mit andren sachen, das sich Sölichs durch ware kuntsame darlegen möcht

der oder die sullen denn schuldig sin einem koufmann sin Costen und schaden abzetragen uß den obgeschribnen fünfzig rinschen guldin, so denn einjeder darumb ze trostung gesetzt haut als obmeit aliwegen nach recht undgerichts erkantnusse, alles getrulich unnd ungefarlich, öch zuo aller zyt gotz gewagt und hem not vorbehalten in allen Stuken und artikein.

Es ist öch namlichen verstenklich berett und geordnet worden, es beschehe also das deheiner, so in der rod begriffen ist uß ein Land ziehen weite und über etlich zyt wider harjnne hußhablichen weit sin und werden und die rod widerumb an sich nemen weite, das soll im ze thun nitt abgeschlagen sin mit sölichem bescheide, das er die zwen guldin widerumb der Rodgebe und antwort, ob man jms hinus gegäben hette und ob Costung uff die stras gegangen were, sölich wyie als er uß gewesen wer, sol er nach anzal sin teil öch darlegen. Wier haben och mit lutern worten gemacht und gesetzt, das enkeiner, so in diser Rode begriffen und gehörig ist weder einer noch mer, sin rod nit ensoll noch enmag weder versetzen noch verkouffen ußwendig dergantzen undgerneinen rode. Item es ist öch clarlichen gesetzt und berett worden, ob deheiner, einer oder mer, so jn diser obgenampten rode begriffen und genant ist, als umb die fünfzig rinisch guldin, wie obvermeit ist, ze vertrösten nit gnugsamlichen trostung geben wölte, so sol er etlich wie undzyt von der Rodstan und ist jm vorbehalten in die Rod widerumb zu kommen lassen, wenn er die trostung setzen mag als ein andrer, erjn der rod begriffen ist. Wir obgenanten alle, so in diser rode begriffen und unser erben unnd nachkamen haben och gesetzt und gemacht, das also das enkeiner sin rod nit ensoll noch enmag enkeinem noch niemand weder versetzen verpfenden noch verkouffen sunder weite deheiner darvon stan, so sof er die rod gantzer und gemeiner Rod geben und sust niemand andrem jn enkein wyse noch form. Wir obgenanten, alle unser Erben und nachkommen, so jn diser Rode begriffen unnd gewant sind, sullen und wellen alle Jar und jedes besunder uff Sant Jörgen tag ungefarlichen uns zuosammenfügen und sullen denn under uns selbs schowen und erfahren, ob jemand, einer oder mer, die obgemeit trostung nitgnuogsamtlichen geben und thuon möchte so sol er aber von der rod stan biß er die trostung, wie obgemeit, geben mag.

Wirsullen öch alle undjedesjars uff den obgenanten sant Jergen das teiler und fürleiteramt besetzen und verlihen nach nutz und füg nach unserm besten verstan, das wier alle mitsampt den kouflüten und den fürlüten er, nutz und frommen haben mügen. Item wier sulten öch mer uff den obgenanten tag der rod frommen, nutz und ere in allen Stuken und artiklen für uns nemen, betrachten und furdren, dasjedermann, frömdem und haimischem, widervam muge der stras und fuor halben, was billich und erber sye ungefarlichen.

Unnd ist mer beret und gemacht worden, welcher der were, under uns obgenanten allen, so in der rod verschriben sind, es were einer oder mer, der begerte von der rod zuo stan sines guoten fryen willen und die rod nit mer haben weite, so sollen die andern rodmaisterjm zwen guldin rinisch geben und soll er sich selbs für sich und all sin Erben und nachkommen der rode zu ewigen zyten niemer mer annemen, beheiffen noch berüffen sunderjn die rod niemermerkommen lassen. Unnd hiermit das dis obgeschriben uffrecht redlich unnd ewig verbunden Rode und gemecht untzerbrochen gehalten und gestrakt nachgegangen werd und belibe von uns obgenanten allen, so jn diser Rode begriffen und verschriben sind zuo ewiger

gezügnuß und Sicherheit haben wier obgemeiter Jörg, Grave etc. durch ernstlicher pitt willen dem obgenanten dryer Dörffer nachpurschafft Tuisis, Catz und Mazein unser eigen fnsigel thuon henken an disen brieffe, doch uns, unsern Erben und nachkommen unschedlichen. Unnd noch zu merer Sicherheit unnd gezügnuß haben aber wier obgenan ten alle, so in der berürten Rode verwant und bedacht sind öch gebetten und erbetten den vesten Junkherrn Joachim von Castelmur, an der zyt vogt zuo Fürstnow, das er sin sigel im und sinen Erben unschedlich och gehenkt haut nach dez gedachten Jörgen, Grafen von Werdenberg, Sangans, Herr zuo Ortenstein unnd am Heinzenberg etc, unsers gnedigen hern an disen brieffe. Der geben ist unnd dise rod uffgericht, gemacht unnd verbunden ward Im Jar, do man zeit von gottes L:nsers lieben hem gepurt Tusend vierhundert Sybenzig unnd demach im dritten zuo Sant Jörgen dez lieben Heligen unnd Ritters tag.

2.2 Alpen und Nationalstaat Schweiz

2.2.1 „Homo alpinus“: Die Konstruktion einer helvetischen „Rasse“

Vergleichbar mit anderen Staaten Europas setzte sich auch die Schweiz in den 1930er Jahren mit der Frage der zugehörigen Rasse des Nationalstaates Schweiz auseinander. Diese Rasseneinteilung hatte nicht das Motiv einer Rassendiskriminierung, sondern ist ein Resultat des damals herrschenden nationalen Ein- und Ausgrenzungsbedürfnisses. Die Idee der Schweizer Rasse zeigt sich im Konstrukt des „Homo Helveticus Alpinus“, welches im Folgenden kurz erläutert wird (Ausführungen stützen sich auf [BOHREN \(2009\)](#)).

Schon im frühen 18. Jahrhundert definierten Anthropologen wie Jakob Scheuchzer die Schweizer Bevölkerung als Naturvolk, welches an die Alpen gebunden ist und betitelte die Rasse mit „Homo Alpinus“. Unterschiedliche Eigenschaften wurden dieser Rasse nachgesagt. So wurde der „Homo Alpinus“ als „klein, agil und ängstlich“ (Carl von Linné), „dumpf, zäh, mittelmässig und gehässig“ (Hans F.K. Günther) oder einfach nur als „kurz und klein“ (Egon Eickstedt) umschrieben ([KREIS, 1992](#)).

Mit der Industrialisierung und des darauf folgenden zunehmenden Zustroms von ausländischen Arbeitskräften, verstärkten sich Diskussionen über die Schweizer Identität. Auch der Rassendiskurs rückte in den Fokus, die Bedeutung der Alpen für die Schweizer Identitätsfindung erhielt weiterhin viel Gewicht. Es folgten wissenschaftliche Untersuchungen zur Verifizierung der Idee „Homo Alpinus“. Zuerst erhoffte man sich mit Pfahlbauten am Zürichsee die Wiege der Schweizer Urzivilisation zu identifizieren. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Schädel verschiedenen Rassen angehörten. 1927 wurden 35'000 Rekruten systematisch erhoben. Auch diese Untersuchungen deuteten nicht darauf hin, dass sich die Schweizer Bevölkerung auf eine Rasse berufen kann. Nur gerade 8.7 % der untersuchten Rekruten erwiesen sich als „reinrassig“. Nach der wissenschaftlichen Demontage der biologischen Rasse „Homo Alpinus“ veröffentlichte der Schweizer Geograph Emil [EGLI \(1939\)](#) einen naturdeterministischen Ansatz zu diesem Thema, welcher auch zur Abgrenzung der „Arier“ dienen sollte. In seinem Aufsatz „Das ethnische Bild der Schweiz“ begründet sich die Schweizer Identität nicht biologisch; die Schweizer Eigenart wird hingegen durch ihren natürlichen Raum geprägt. Die Alpen haben eine prägende und auch

eine konservierende Wirkung, welche Einflüsse von aussen zurückdämmt. 1992 wurde Eglis Aufsatz von Georg Kreis untersucht. Dieser unterstreicht, dass sich Eglis Rassenverständnis nicht mit demjenigen des dritten Reiches deckt; er versuchte vielmehr sich von diesem Verständnis der Nationalsozialisten zu distanzieren. An dem unkritisch in seine Arbeiten übernommenen Vokabular zeigt sich, dass Egli diese Distanzierung zu wenig gelang.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Rasse „Homo alpinus helveticus“ als eigene „Rasse“ nie existierte. Die Idee dieses Konstrukts diene zur Festigung und Legimitation des noch jungen Nationalstaates Schweiz. Interessant aus geographischer Sicht ist die geodeterministische Argumentation von Egli, in welcher er die Alpen als prägendes Element der nationalen Identität in den Vordergrund rückte.

2.2.2 Vorbereitung „Crestawald“: „Réduit National“ ein „lieux de mémoire“

Folgende Ausführungen stützen sich auf einen Aufsatz des Schweizer Historikers Jakob Tanner: „Die Krise der Gedächtnisorte und die Havarie der Erinnerungspolitik: zur Diskussion um das kollektive Gedächtnis und die Rolle der Schweiz während des zweitens Weltkrieges“. Dieser Text beschäftigt sich in erster Linie mit den „lieux de mémoire“. Dieser Begriff geht auf den französischen Historiker Pierre Nora zurück und bezeichnet Orte, in denen sich das kollektive Gedächtnis kristallisiert. Die Orte zeigen sich als geographische Orte, Ereignisse, Mythen, etc. (WIKTIONARY, 2013). In seinem Aufsatz spricht Jakob Tanner vor allem darüber, dass diese „lieux de mémoire“ ein wichtiges Werkzeug für die Nationalstaatenbildung waren. Für ihn sind die Nationalstaaten unterdessen Gebilde die keine homogenen Einheiten darstellen. Unterschiedliche Identifikationen überlagern sich in diesen Gebilden und prägen sich unterschiedlich aus.

Als „lieu de mémoire“ wird in diesem Sinne auch die Geologie der Schweiz betrachtet. Angesprochen wurde dies bereits von Emil Egli in seinem Aufsatz über „völkische Gestaltungskraft des Schweizer Bodens“ (EGLI, 1939). Das „Réduit National“, also „die Festungsanlage, die während der Kriegsjahre im schneebedeckten Alpenmassiv gebaut wurde, fungierte als Tabernakel der Nation, in dem das Geheimnis der Rettung des Landes angesichts einer lebensgefährlichen Bedrohungssituation aufbewahrt wurde“ (TANNER, 1999). Dieser Reduitmythos als geographischer „lieux de mémoire“ stärkte das Bewusstsein der nationalen Identität als Sonderfall der Nachkriegszeit. Gemäss Tanner wurden nun solche Orte zu „non-lieu de mémoire“ umgewandelt, das heisst, sie haben ihre Wichtigkeit als Erinnerungsort verloren oder haben heute eine andere Bedeutung. Im Beispiel des „réduit national“ zeigt sich dies offensichtlich: „Das Reduit national, das ehemals hochgeheime, um die Zitadelle des Gotthards herum gebaute Fortifikationssystem aus dem zweiten Weltkrieg präsentiert sich massenmedial nicht mehr als Hort des militärischen Widerstandes, sondern als Problem der Staatsfinanzen“ (TANNER, 1999). Die geschichtliche Aufarbeitung des zweiten Weltkrieges, unter anderem durch eine unabhängige Expertenkommission Schweiz – Zweiter Weltkrieg (UEK) liess die Bedeutung des „réduit national“ verblassen. Die Alpen erscheinen in den aktuellen Debatten nicht mehr als Militärbastion des Nationalstaates Schweiz, vielmehr geht es darum „mit Milliardeninvestitionen die Alpen als europäisches Verkehrshindernis zu bezwingen“ (TANNER, 1999).

2.2.3 Vorbereitung „Crestawald“: Streitgespräch Jakob Tanner und Markus Somm

Zum Thema „Crestawald“ zeigen wir vorbereitend ein Streitgespräch aus der Sendung „Rundschau“ vom 14.04.2010. Anlässlich dem 50. Todestag von General Guisan diskutieren Jakob Tanner (Historiker, Mitglied der Bergier Kommission) und Markus Somm (Historiker, Autor Weltwoche, Chefredaktor Basler Zeitung, Verfasser der Biographien von Henri Guisan und Christoph Blocher) über die Bedeutung von Henri Guisan.

Das Gespräch ist abrufbar unter:

<http://www.srf.ch/player/tv/rundschau/video/streitgesprach-jakob-tanner-und-markus-somm>.

2.3 Die Reise der Hoffnung

„Die Reise der Hoffnung“ ist ein 1990 entstandenes schweizerisches Filmdrama von Xavier Koller. Der Film handelt von einer türkischen Familie mit sieben Kindern, welche auf illegale Weise in die Schweiz einwandern will. Die Eltern, Haydar und Meryem, machen sich mit dem siebenjährigen Sohn Mehmet Ali auf die Reise in das Land, welches sie nur von Postkarten kennen; die anderen Kinder sollen später nachgeholt werden. Die lange Reise führt sie zunächst nach Izmir, wo sie sich als blinde Passagiere auf einem Frachtschiff nach Genua einschiffen. In Italien nimmt sie der Lastwagenfahrer Ramser gegen Bezahlung von 300 DM an die Schweizer Grenze mit, wo die Einreise infolge fehlenden Visums verweigert wird. Am Bahnhof von Mailand geraten sie in Hände von Schleppern. Die Familie soll zu Fuss über die Berge wandern. Im Schneesturm auf dem Splügenpass stirbt Mehmet Ali in den Armen seines Vaters an Erschöpfung. Haydar wird festgenommen. Der Film endet mit Ramsers Besuch im Gefängnis.



Abb. 2.2: DVD „Die Reise der Hoffnung“. (YOUSSEF UND WIECZOREK, 2009)

Box 2.2 — Hintergrund. Im Oktober 1988 erschütterte der Kältetod eines türkischen Jungen die Schweiz. Der Vater wurde in Untersuchungshaft genommen, das Verfahren eingestellt.



Abb. 2.3: Auf den Spuren der Säumer: Via Spluga (links) und die Viamala Schlucht (rechts) im August 2013 (Fotos: Andrea Adamer).

Später wurden die Flüchtlinge wieder in die Türkei ausgewiesen, der Vater wurde verhaftet. Er durfte sein Kind erst nach dem Verhör beerdigen. Später wurde eine professionelle Gruppe von Schleppern festgenommen.

Xavier Koller wurde 1944 in Schwyz geboren und besuchte nach einer Lehre als Feinmechaniker die Schauspielakademie in Zürich. Nach einigen Praxisjahren als Schauspieler gründete er 1984 die Produktionsfirma Catpics AG. 1991 erhielt sein Film „Die Reise der Hoffnung“ den Oscar für den besten nicht-englischsprachigen Film. Er lebt und arbeitet seit 1991 in Los Angeles. Sein neuester Film über das Berner Stadtoriginal Dällebach Kari feierte an den Solothurner Filmtagen 2012 Premiere.

2.4 Via Spluga: Der Splügenpass

Die Via Spluga ist heute bekannt als Fernwanderweg von Thusis nach Chiavenna über den Splügenpass. Dieser trägt den Namen vom ursprünglichen Dorfnamen „cella in speluca“ (lat. specula = der Ausguck), dem heutigen Splügen ([WANNER, 2013b](#)). Dieser alpine Transitweg hatte seit Urzeiten eine grosse Bedeutung für die Nord–Süd Verbindung durch die Alpen. Die „untere Strasse“ war von nationaler und internationaler Bedeutung für den Waren- und Personentransport. Die Geschichte Graubündens wird häufig als die Geschichte seiner Pässe bezeichnet.

Die erste Dokumentation dieser Nord–Süd Verbindung über den Splügenpass findet sich auf einer sieben Meter langen römischen Strassenkarte mit Distanzangaben, der „Tabula Peutingeriana“ aus dem Jahre 360 nach Christus ([WANNER, 2001](#)). Es wird jedoch angenommen, dass

bereits in der letzten Eiszeit nomadisierte Jäger den Pass benützten. In der Römerzeit wurde die Passstrasse erstmals ausgebaut und diente vor allem als Militär- und Poststrasse. Erst um die erste Jahrtausendwende begann der Transitverkehr mit Waren über den Splügenpass. Zu dieser Zeit wurde der Splügenpass noch als „Colmen d’Orso“ oder „Urschler“ (Bärenpass) bezeichnet. Als Meilenstein in der Geschichte der Via Spluga gilt der Ausbau des Viamala Weges im Jahre 1473. Dieser ermöglichte einen ständigen Warenaustausch zwischen Nord und Süd. Jedoch galt die Viamala Schlucht (Abb. 2.3), „der böse Weg“, als gefürchteter Streckenabschnitt der Via Spluga. Zu Beginn der Blütezeit der Säumerei über den Splügenpass gegen Ende des 17. Jahrhunderts wurden pro Jahr 6’000 Saumlaster transportiert. 50 Jahre später waren es bereits 30’000 Saumlaster. Dokumentiert sind Lasten bis zu einem Maximum von 30’000 Tonnen pro Jahr. Mit dem Ausbau durch die Habsburger im Jahre 1823 wurde neben dem San Bernardino auch der Splügenpass zu einer „Kunststrasse“ für Frachtwagen und Kutschen. 1939 waren es noch 1456 Personen, die über den Splügenpass transportiert wurden, um 1969 bereits 19’898 Personen. Im 19. Jahrhundert bestanden Pläne eines Bahnweges über den Splügenpass. Der dadurch benachteiligte Kanton Tessin wehrte sich gegen diese Pläne ([WIKIPEDIA, 2013d](#)). In der Folge wurde die Bahnlinie durch den Gotthardtunnel gebaut (1882), dies brachte den Transitverkehr über den Splügen fast vollständig zum Erliegen. (Quellen: [WANNER \(2001\)](#); [ROTH-BIANCHI \(2007\)](#)).

2.5 Madesimo

2.5.1 Lokalgeschichte

Madesimo zählt 560 EinwohnerInnen und liegt in der Region Lombardei in der Provinz Sondrio, am Fusse des Pizzo Groppera. In der Nähe befinden sich die Seen Lago di Montespluga und Lago di Isola. Bis 1984 wurde das Dorf Isolato genannt. Heute umfasst es die Fraktionen Madesimo, Isola, Montespluga und Pianazzo, wo sich die Gemeindeverwaltung befindet. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts fanden in Madesimo die ersten Skirennen in den Alpen statt. Heute besitzt die Gemeinde ein Skigebiet mit 48 km Piste. Die höchste Bergstation des Gebietes befindet sich auf dem Pizzo Groppera auf 2948 m ü.M. Dieser Gipfel ist wohl einigen Zürchern bekannt, da er Ausstrahlungsort des ersten Privatradios Radio 24 von Roger Schawinski war. Im Jahre 1979 richtete er dort die erste Sendeanlage ein, unerreichbar für die schweizerischen Radioaufsichtsbehörden.

Mitte der 60-er Jahre hatte Madesimo seine Blütezeit als Ferienstation und erlebte einen Bauboom. Viele Städter aus Mailand erwarben hier Eigentumswohnungen in Mehrfamilienhäusern oder bauten Ferienhäuser. Heute ist es ruhiger geworden in dem kleinen Dorf.



Abb. 2.4: Blick in Richtung Süd-Westen auf Madesimo im August 2013 (Foto: Andrea Adamer)

Mussolini

Nachdem die Faschisten in Italien am Ende des 2. Weltkrieges durch die Alliierten besiegt worden waren, wurden die faschistischen Anführer durch die Alliierten erschossen und auf einem anonymen Gräberfeld in Mailand „verscharrt“. Das sollte u.a. auch verhindern, dass es einen „Pilgerkult“ zu den Grabstätten der besiegten Faschisten kommt. Genau dies störte drei faschistische Anhänger Mussolinis, die den Leichnam deshalb „entführten“ und am 23. April 1946 nach Madesimo brachten, um ihm dort eine „würdigere“ Ruhestätte zu geben. 1957 wurde die Leiche an ihre endgültige Ruhestätte in Predappio verlegt ([WIKIPEDIA, 2013d](#)).

2.6 Chiavenna

2.6.1 Geographie und Geschichte

Am Schnittpunkt des Bergells und des Val San Giacomo gelegen, bildet Chiavenna (früher dt.: Cläven, Kleven) das Zentrum des Valchiavenna, das zusammen mit dem Veltlin die heutige italienische Provinz Sondrio bildet. Der Name ist nahe beim Wort „Clavis“, das auf Lateinisch „Schlüssel“ bedeutet - sinnbildlich für die Lage der Stadt am Ende des Passes, wo man die Möglichkeit hat in alle Richtungen weiterzugehen. In Chiavenna verzweigen sich zwei schon von den Römern genutzte Alpenübergänge. Der eine führt nördlich durch das Valle San Giacomo über den Splügenpass nach Chur; diese Passstraße wurde 1822 eröffnet. Der andere führt zunächst nach Osten durch das Bergell (Val Bregaglia) und verzweigt dann: die von den Römern genutzte Strecke führte von Casaccia am Fuße des letzten Aufstiegs des Malojapasses über den Septimerpass (bis heute nur ein Saumpfad) auf die Julieroute. Als Straße ausgebaut ist dagegen die Strecke über den Malojapass und dann weiter über den Julierpass nach Chur.

Chiavennas grösste Nachbargemeinden sind Piuro und Prata Camportaccio. Mit diesen beiden

Orten bildet Chiavenna ein Siedlungsgebiet von rund 12'000 Einwohnern. Von der ausgehenden Spätantike bis 1194 war Chiavenna der Sitz von Grafen, die das Tal beherrschten. Im Jahre 1176 soll hier der angebliche Kniefall von Kaiser Friedrich I. (Barbarossa) vor seinem Vetter Heinrich dem Löwen stattgefunden haben. 1030 erhielt Chiavenna vom Bistum Como das Stadtrecht und wurde 1194 an die Bischöfe von Chur übergeben. Bis über die Stauferzeit hinaus war es Bestandteil des Herzogtums Schwaben. Im 14. Jahrhundert kauften die Visconti, die Herrscher über das Veltlin geworden waren, den Contado Chiavennas vom Churer Bischof.

In den Mailänderkriegen gelang 1512 den drei Bünden die Eroberung von Cleven zusammen mit Bormio (Worms) und dem Veltlin (Valtellina) als gemeinsames Untertanengebiet, wobei die Burg zerstört wurde. Im Herzogtum Mailand folgte den Spaniern 1715 Österreich, das 1762 mit Graubünden einen Vertrag abschloss. Darin sah ein Geheimartikel, entgegen dem Mailänder Kapitulat, die Niederlassungsfreiheit für Protestanten vor. Gegen die mächtigen Bündnerfamilien (v.a. die Salis und Planta), welche die örtliche Wirtschaft kontrollierten, gab es an den Bundestagen Proteste. Nach dem gescheiterten Versuch der Bündner, das Tal nach der Niederlage Napoleons zurückzuerobern, sprach der Wiener Kongress die alte Grafschaft dem Lombardo-Venezianischen Königreich unter den Österreichern zu, die darauf die neue Strasse über den Splügenpass erbauen liessen (1818–1822). Wenig später begann mit Bierbrauereien und Baumwollspinnereien die industrielle Entwicklung von Chiavenna. 1835 waren in Chiavenna zehn Speditionshäuser ansässig, die pro Jahr 4'000 t Waren, meist über den Splügen, transportierten. Auf den fünf Märkten der Region wurden im selben Jahr 1'400 einheimische und 800 bündnerische Rinder sowie 150 einheimische und 100 bündnerische Pferde gehandelt. 1859 wurde die Talschaft Chiavenna Teil des Königreichs Italien. Ab 1838 war von einem Splügendurchstich die Rede, doch erhielt schliesslich das Piemont den Vorzug.

Heute zählt Chiavenna (Abb. 2.5) 7385 EinwohnerInnen. Sie trägt das Label „città slow“ und setzt sich somit mit verschiedenen Projekten für eine bessere Lebensqualität in der Stadt ein. In der ersten Septemberwoche findet das Weinfest „Sagrada dei Crotti“ statt.

2.6.2 Sehenswürdigkeiten

Am bekanntesten dürfte wohl Il Castello (Abb. 2.6) sein. Auch erwähnenswert sind der monumentale Friedhof, die engen Strassen und Gässchen. Eine davon endet an dem Torbogen Santa Maria. Der botanische Garten Paradiso lädt zu ausgedehnten Spaziergängen ein, die besonders im Frühjahr reizvoll sind und die von dem hohen Felsen einen schönen Blick über die Stadt bieten. Einen Besuch lohnt auch der Kreuzgang von San Lorenzo mit dem Taufbecken aus dem 12. Jahrhundert und dem Museum del Tesoro. In der Umgebung Chiavennas befinden sich die Wasserfälle von Borgonuovo. Die naturnahe Landschaft ringsum bietet sowohl botanische als auch zoologische Besonderheiten. Nördlich der Stadt können einige eiszeitliche Gletschermühlen besichtigt werden.



Abb. 2.5: Impressionen aus Chiavenna Ende August 2013 (Fotos: Andrea Adamer): Blick auf den Fluss Mera (links) und die Fussgängerzone im historischen Zentrum der Stadt (rechts).



Abb. 2.6: Blick auf die Burg - Il Castello - von Chiavenna Ende August 2013 (Foto: Andrea Adamer).

Einführung

Methodik

Fragestellungen

Stand des Wissens

Gemeindestatistik Schweiz

Ferienregion Viamala

Tourismus Kt. GR und Viamala

Direktzahlungen für die Landwirtschaft

Siedlungsstruktur der Gemeinde Splügen

Wirtschaftliche Situation der Region

Die Slow-City-Bewegung in Chiavenna

Landwirtschaftspolitik und Abwanderung

Beobachtungen im Raum

Fazit

Bilddokumentation



3 — Humangeographie

3.1 Einführung

Der Raum zwischen Thusis und Chiavenna wird aus humangeographischer Perspektive bezüglich der regionalen Siedlungs- und Wirtschaftsstruktur analysiert. Die möglichen Auswirkungen von politischen und institutionellen Rahmenbedingungen auf den Tourismus und die Landwirtschaft stehen im Zentrum. Die Analyse von Landschaft und Raum hat zum Ziel, die bestehenden Wechselwirkungen und Prozesse zwischen den sozioökonomischen Teilsystemen (politisch, ökonomisch, sozio-demographisch und kulturell-normativ) und der Landnutzung aufzuzeigen.

3.1.1 Methodik

Mit der Kombination des bereits vorhandenen Hintergrundwissens über den erforschten Raum (siehe Abschnitt 3.2) und den im Verlauf der Exkursion gemachten Beobachtungen aus humangeographischer Perspektive (siehe Abschnitt 3.4) sollen Gründe und Rahmenbedingungen identifiziert werden, welche dazu führen, dass der Raum so ist, wie er ist (siehe Abschnitt 3.5). Das Konzept der Raumbetrachtung ist in Abbildung 3.23 schematisch abgebildet. Die vier ausgewählten Siedlungen Thusis und Splügen auf der Schweizer sowie Chiavenna und Madésimo auf der italienischen Seite werden einerseits bezüglich der unterschiedlichen Höhenstufen (Thusis – Splügen und Chiavenna – Madésimo) verglichen und andererseits findet eine Gegenüberstellung der beiden Länder bzw. der Alpennord- und -südseite (Thusis – Chiavenna und Splügen – Madésimo) statt.

3.1.2 Fragestellungen

Die sozioökonomische Raumanalyse der ländlichen Bergregionen erfolgt in drei Ebenen. Die zeitliche Entwicklung, die Entwicklung innerhalb des Landes und der Vergleich beider Länder wird betrachtet. Folgende Fragen, die uns während der ganzen Exkursion begleiten, sollen hierbei

⁰Kapitel verfasst von: Malgorzata Conder, Mona Erismann, Selina Studer und Daniela Wyss.

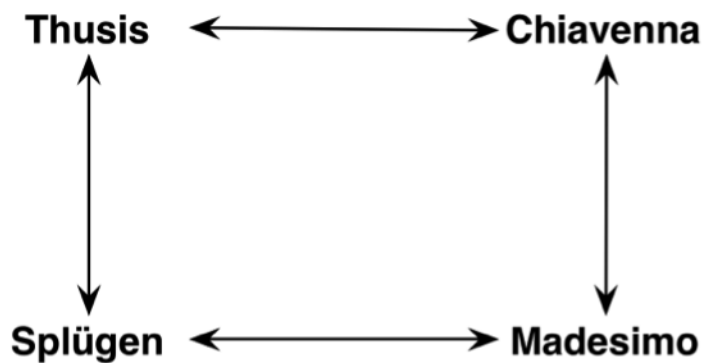


Abb. 3.1: Konzept der Raumbetrachtung: Vergleich der Städte Thusis, Splügen, Madésimo und Chiavenna.

im Gremium gestellt und diskutiert werden:

- Wie haben sich Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur im ländlichen Raum der Schweiz und von Italien im 20. Jh verändert? Welche möglichen Gründe stehen hinter dieser Entwicklung?
- Wo und weshalb sind Unterschiede zwischen touristischer und landwirtschaftlicher Nutzung in der Schweiz im Vergleich zu Italien erkennbar?
- Wie stark sind die ländlichen Regionen von der Abwanderung betroffen? Welche regionalen Förderungsstrategien werden im jeweiligen Land verwendet?
- Welche Szenarien für Tourismus sowie Landwirtschaft in Schweizer und Italienischen Berggebieten können gemacht werden? Was bedeutet dies für die Lokalbevölkerung in Zukunft?

3.2 Stand des Wissens

In diesem Kapitel wird humangeographisches Hintergrundwissen zum Raum zwischen Thusis und Chiavenna präsentiert.

3.2.1 Gemeindestatistik Schweiz

In den letzten Jahren fand in Graubünden ein demographischer Wandel statt. Vor allem in den ländlichen Regionen kam es aufgrund höherer Lebenserwartung und tieferen Geburtenraten zu einer zunehmenden Überalterung der Gesellschaft. Der Rückgang bei der Geburtenrate liegt hierbei deutlich unter dem Schweizerischen Durchschnitt. In Graubünden besteht zurzeit ein negativer interkantonaler Wanderungssaldo, das heisst, es verlassen mehr Leute den Kanton in Richtung anderer Kantone als umgekehrt. Der internationale Wanderungssaldo ist jedoch positiv, dies dank der zahlreichen Zuwanderer aus dem Ausland, vor allem aus Deutschland und Portugal. Diese Zuwanderung findet vor allem im Bündner Rheintal, in den Regionen entlang von Hauptverkehrsachsen und in grösseren touristischen Zentren statt. Periphere Regionen wie etwa die Surselva, das Mittelbünden, die Südtäler und das Val Münster sind stärker von einer Abwanderung und Überalterung der Gesellschaft betroffen ([SÜDOSTSCHWEIZ PRESSE UND PRINT AG, 2011](#)).

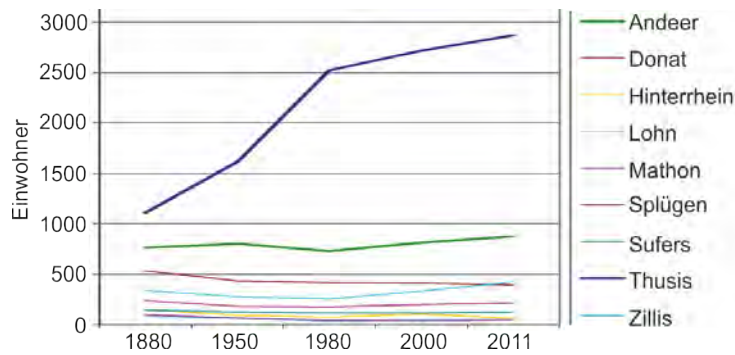


Abb. 3.2: Entwicklung der Einwohnerzahlen 1880-2011 (Quelle: [AFGGR \(2013\)](#), verändert)

3.2.2 Ferienregion Viamala

Gemäss [BAKBASEL \(2010\)](#) gehören zur Region Viamala die folgenden 29 Gemeinden: Almens, Andeer, Avers, Casti-Wergenstein, Cazis, Donat, Ferrera, Flerden, Fürstenau, Hinterrhein, Lohn, Masein, Mathon, Mutten, Nufenen, Paspels, Pratval, Rodels, Rongellen, Rothenbrunnen, Scharans, Sils im Domleschg, Splügen, Sufers, Thusis, Tschappina, Tomils, Urmein und Zillis-Reischen. Diese Gemeinden weisen etwa 6.6 % der Gesamtbevölkerung Graubündens auf und innerhalb dieser Region hat Thusis eine starke Zentrumsfunktion ([BÜHLER UND MINSCH, 2004](#)). Die Bevölkerung Viamalas nahm vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2008 um 1.7 % zu. Dieses Wachstum liegt jedoch unter dem kantonalen Durchschnitt von 2.5 %. Der Bevölkerungszuwachs fand dabei hauptsächlich in den Subregionen Schams und Domleschg sowie in der Gemeinde Thusis statt, die Regionen Rheintal und Avers verloren überdurchschnittlich viele Einwohner (Abb. 3.2). Zukunftsszenarien gehen von einer gleichen Verteilung der Bevölkerungsentwicklung aus, wodurch die demographischen Probleme der Regionen Rheintal und Avers verstärkt werden. Die Wirtschaftsstruktur Viamalas weist einen unterdurchschnittlichen Dienstleistungssektor (1. Sektor) auf, wobei die Landwirtschaft (3. Sektor) noch eine grössere Bedeutung hat (siehe Abb. 3.4). Von ganz Graubünden hat die Region Viamala die geringste touristische Wertschöpfung ([BÜHLER UND MINSCH, 2004](#)).

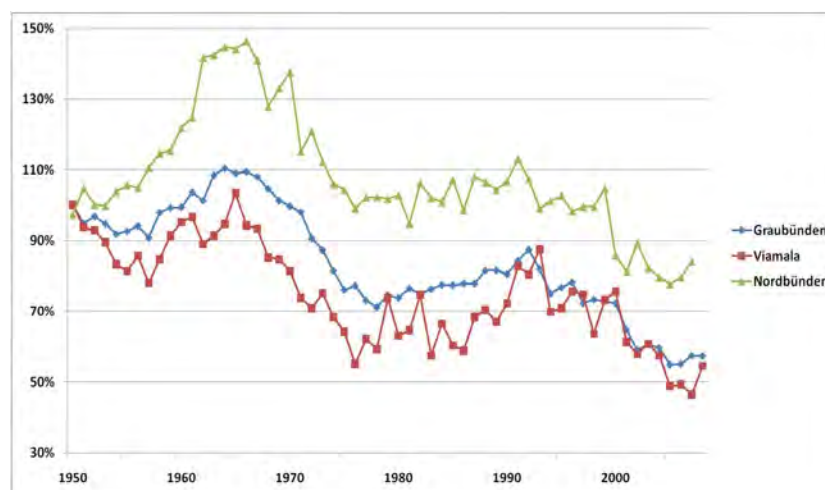


Abb. 3.3: Entwicklung der Geburtenraten 1950-2008 (Quelle: [REGIOVIAMALA \(2013\)](#))

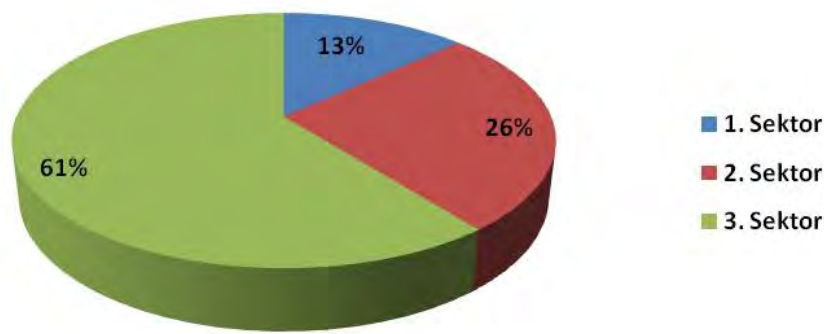


Abb. 3.4: Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen in % in der Region Viamala (Quelle: REGIO-VIAMALA (2013))

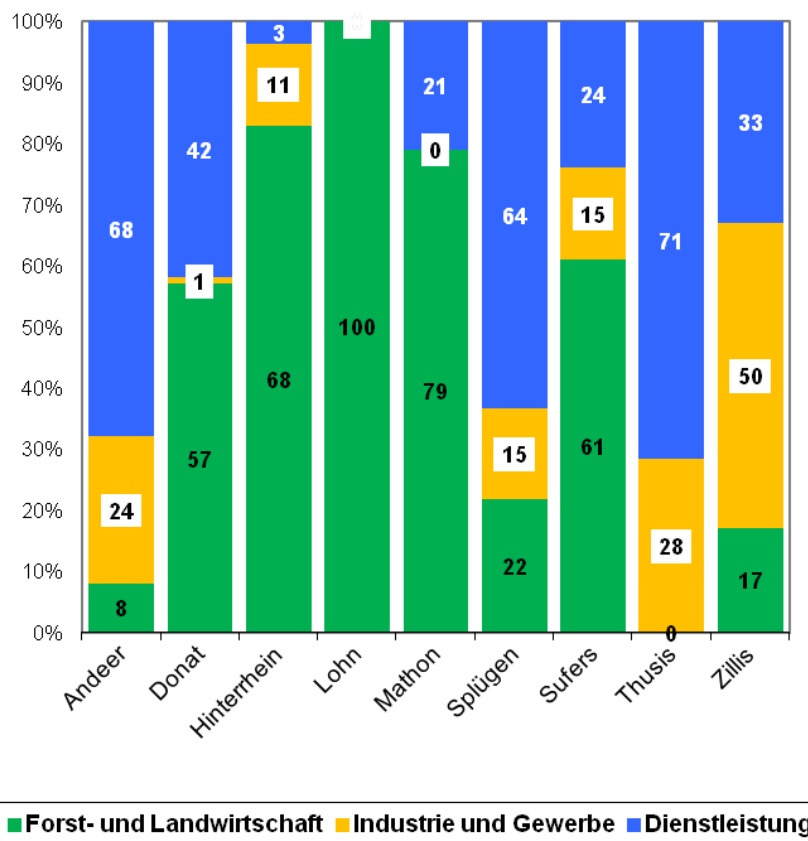


Abb. 3.5: Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen in % für die Gemeinden der Region Viamala (Quelle: AFGGR (2013), verändert)

3.2.3 Tourismus im Kanton Graubünden und in der Ferienregion Viamala

In diesem Kapitel werden einige Zahlen zur ökonomischen Situation mit Schwerpunkt Tourismus im Kanton Graubünden allgemein und spezifisch in der Ferienregion Viamala aufgezeigt.

Das [BUNDESAMT FÜR STATISTIK BFS \(2012\)](#) definiert die folgenden 13 Tourismusregionen in der Schweiz: Graubünden, Wallis, Ostschweiz, Luzern/Vierwaldstättersee, Berner Oberland,

Zürich Region, Tessin, Genferseegebiet (Waadtland), Jura und Drei-Seen-Land, Bern Region, Basel Region, Fribourg Region und Genf. Die Angaben in der Tabelle 3.1 ermöglichen den Vergleich ausgewählter statistischer Angaben zum Tourismus im Kanton Graubünden mit der Gesamtschweiz sowie den zwei weiteren Bergregionen Berner Oberland und Wallis.

Der Kanton Graubünden gliedert sich gemäss [BÜHLER UND MINSCH \(2004\)](#) in die folgenden zehn Tourismusregionen (siehe Abb. 3.6): Bündner Rheintal, Prättigau, Surselva, Davos, Oberengadin, Schanfigg, Unterengadin, Mittelbünden, Südtäler (Südbünden = Teilregionen Val Müstair, Poschiavo, Bregaglia, Mesolcina und Calanca) und Viamala. Die Region Viamala als künstliches Gebilde, umfasst gemäss [BÜHLER UND MINSCH \(2004\)](#) die zwei Subregionen Heinzenberg/Domleschg und Hinterrhein, durch letztgenannte führt die geplante Route Thusis – Splügenpass, und erstreckt sich von der Gemeinde Rothenbrunnen bis zum Nordportal des San Bernardino-Tunnels.

Tab. 3.1: Beherbergungsstatistik Schweiz – Bergregionen Graubünden, Berner Oberland und Wallis (nach [BUNDESAMT FÜR STATISTIK BFS \(2012\)](#) – Schweizer Tourismusstatistik 2011)

Angaben für das Jahr 2011	Gesamtschweiz (13 Regionen)	Graubünden	Berner Oberland	Wallis
Anzahl geöffneter Betriebe in der Hotellerie (Hotels und Kurbetriebe)	4773 Betriebe (mit 128'719 verfügbaren Zimmern und 245'072 Betten)	13.7%	9.1%	12.4%
durchschnittliche Anzahl verfügbarer Betten in der Hotellerie	51 Betten	ca. 60 Betten	ca. 50-55 Betten	ca. 45-50 Betten
Anzahl geöffneter oder vorübergehend geschlossener Betriebe in der Parahotellerie (Campingplätze etc.)	420 Betriebe	10.7%	12.9%	15.5%
Anzahl Jugendherbergen	55	14.5%	-	-
durchschnittliche Aufenthaltsdauer in Hotels und Kurbetrieben	2.2 Nächte / Person (ausländische Gäste 2.3, inländische 2.0); längste Aufenthaltsdauer in den Bergregionen	3 Nächte / Person (ausländische Gäste 3.6, inländische 2.6)	2.4 Nächte / Person	2.7 Nächte / Person (ausländische Gäste 3.1, inländische 2.4)
durchschnittliche Aufenthaltsdauer in Hotels und Kurbetrieben je touristischer Saison	Winter 2.4 Nächte, Sommer 2.1 Nächte; saisonale Schwankungen am ausgeprägtesten in den Bergregionen	Winter 3.5 Nächte, Sommer 2.6 Nächte	Winter 2.7 Nächte, Sommer 2.2 Nächte	Winter 3.4 Nächte, Sommer 2.2 Nächte
Nettozimmerauslastung in Hotels und Kurbetrieben	51.6%	51.4%	-	49.3%
Nettozimmerauslastung in Hotels und Kurbetrieben je touristischer Saison	Winter 55.3%, Sommer 48.2%	Winter 55.7%, Sommer 48.2%	-	Winter 51.8%, Sommer 47.2%



Abb. 3.6: Die Regionen des Kantons Graubünden (Kanton Graubünden, GISZ; n.d.; nach [BÜHLER UND MINSCH \(2004\)](#))

Gemäss [KRONTHALER UND CARTWRIGHT \(2008\)](#) gehört die Viamala zu den mittelgrossen Regionen Graubündens, in welcher ca. 12'540 Personen (= knapp 7 % der Gesamtbevölkerung des Kantons Graubünden) wohnen (siehe Abb. 3.7 und 3.8). Mit einem erwirtschafteten Gesamtbetrag von 559 Mio. CHF trägt diese Region mit etwa 5 % zur kantonalen Wertschöpfung bei (siehe Abb. 3.9).

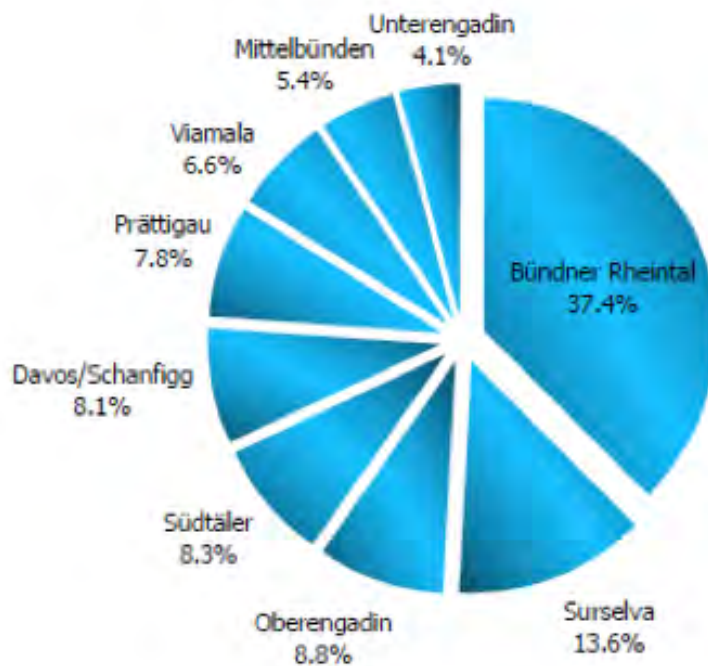


Abb. 3.7: Regionale Bevölkerung – Anteile an der kantonalen Wohnbevölkerung in %, Jahr 2008 (BAKBASEL, 2010)

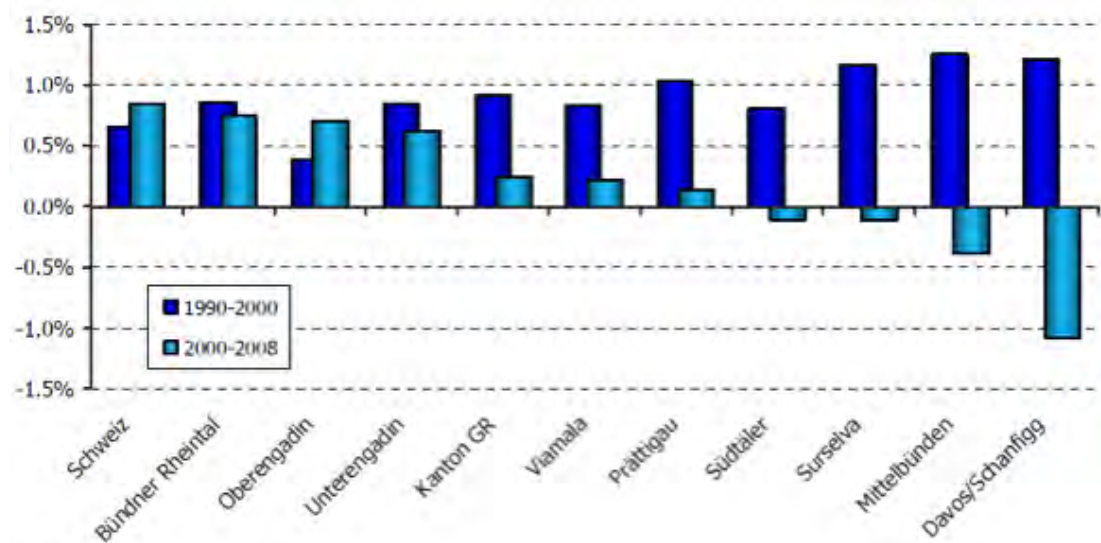


Abb. 3.8: Entwicklung der Wohnbevölkerung – Durchschnittliche jährliche Veränderung in % (BAKBASEL, 2010)

In den Abbildungen 3.10 bis 3.12 werden Details zur Struktur der Bündner Wirtschaftsregionen aufgezeigt. Die historische Entwicklung in den Bündner Wirtschaftsregionen wird in den Abbildungen 3.13 bis 3.15 dargestellt. Nach dem Bündner Rheintal ist die Region Viamala diejenige, welche am wenigsten auf den Tourismus ausgerichtet ist. Mit einer touristischen Wertschöpfung von 97 Mio. CHF (81 Mio. CHF gemäss BÜHLER UND MINSCH (2004)) trägt der Tourismus gesamthaft 17.3 % (15.5 % gemäss BÜHLER UND MINSCH (2004)) zur regionalen Wertschöpfung bei. Gemäss BÜHLER UND MINSCH (2004) ist die Teilregion Hinterrhein stärker

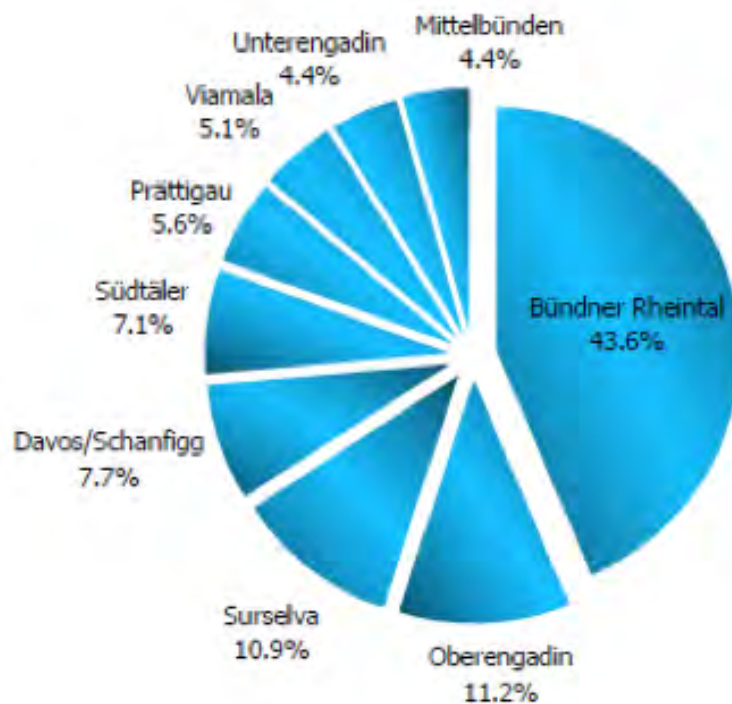


Abb. 3.9: Regionale Wertschöpfung – Anteile am kantonalen Bruttoinlandsprodukt (BIP), nominal, in %, Jahr 2008 (BAKBASEL, 2010)

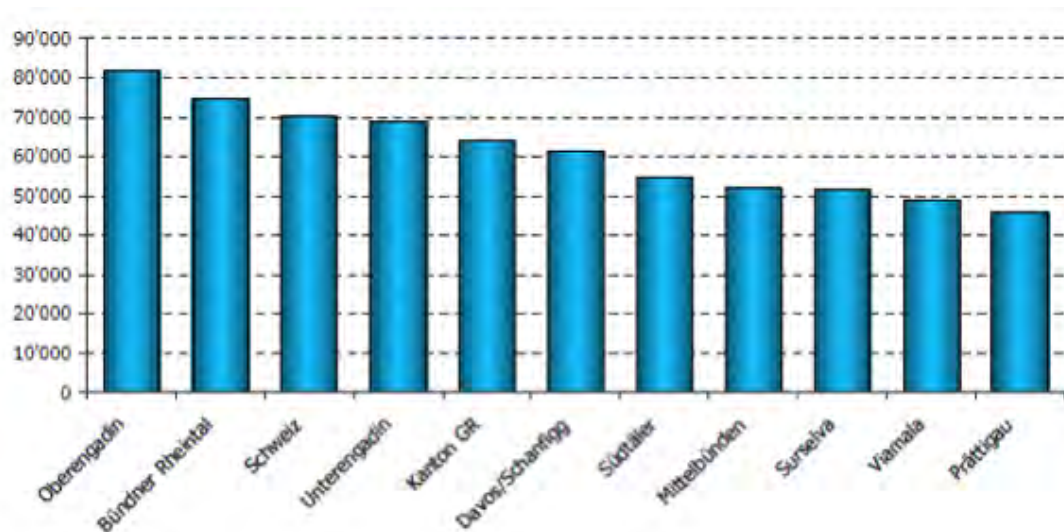


Abb. 3.10: Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Bündner Regionen – Nominales Bruttoinlandsprodukt pro Kopf der Bevölkerung, in CHF, Jahr 2008 (BAKBASEL, 2010)

touristisch ausgerichtet und das Domleschg verfügt über ähnliche Wirtschaftsstrukturen wie die Region Bündner Rheintal (11.2 % touristischer Anteil an der Wertschöpfung). Die geringe touristische Abhängigkeit der Region Viamala zeigt sich auch darin, dass ein bedeutender Anteil der touristischen Wertschöpfung (rund 20.3 %) auf Vorleistungen und Investitionen entfällt, womit die Region Viamala wie das Bündner Rheintal als Zulieferer für andere Tourismusregionen profitiert. KRONTHALER UND CARTWRIGHT (2008) halten fest, dass sich die direkte Wertschöpfung

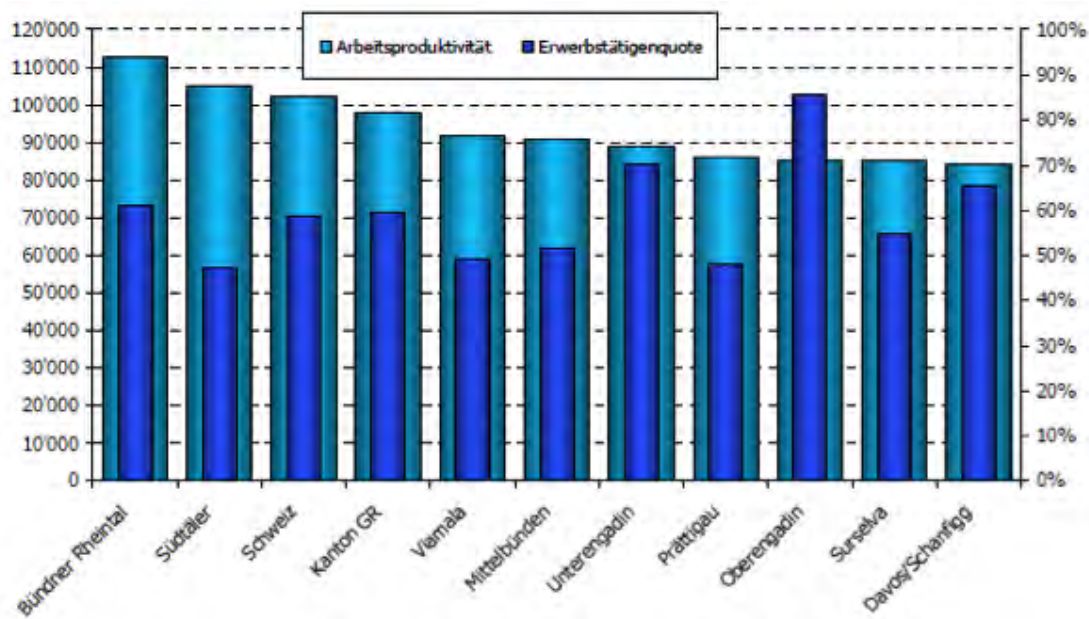


Abb. 3.11: Reale Arbeitsproduktivität und bevölkerungsbezogene Erwerbstätigenquote – Bruttowertschöpfung pro Erwerbstätiger in CHF (linke Skala) und Erwerbstätigenquote in % (rechte Skala), Jahr 2008 (BAKBASEL, 2010)

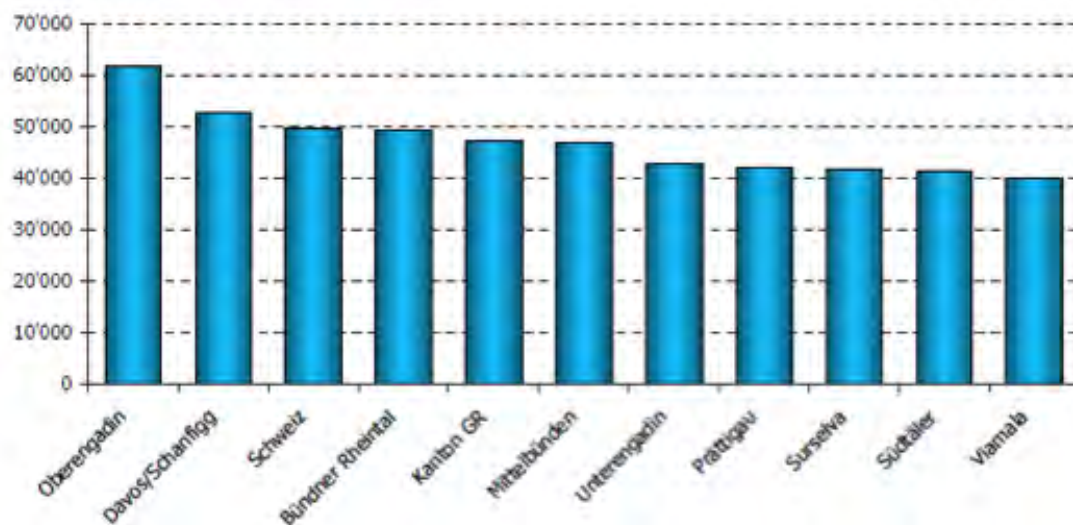


Abb. 3.12: Einkommen pro Kopf der Bevölkerung – Primäreinkommen pro Kopf der Bevölkerung in CHF, Jahr 2008 (BAKBASEL, 2010)

(Beherbergungsgewerbe, Detailhandel und Baugewerbe) und indirekte Wertschöpfung (Baugewerbe und Immobilienwesen) in der Region Viamala in etwa gleichmässig verteilen. Zudem generiert die Region Viamala den geringsten Anteil der touristischen Wertschöpfung im ganzen Kanton Graubünden.

KRONTHALER UND CARTWIRIGTH (2008) fassen zusammen, dass die Bedeutung des Tourismus

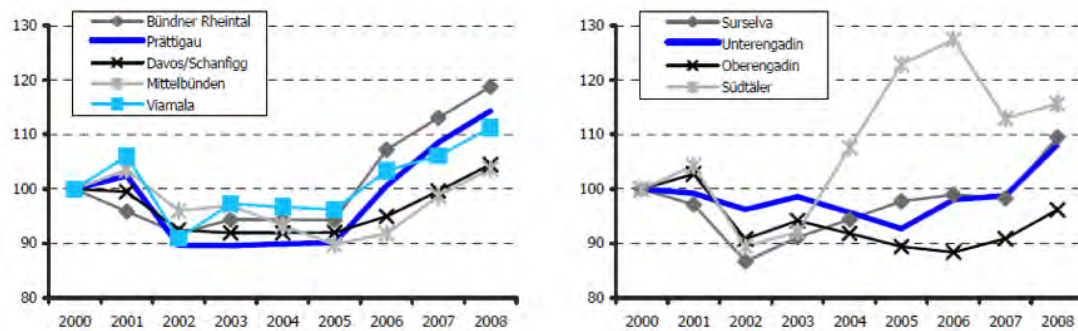


Abb. 3.13: Logiernächteentwicklung in der Hotellerie – 2000-2008, indexiert 2000 = 100, fehlende Werte für 2004 wurden interpoliert (BAKBASEL, 2010)

zwischen den einzelnen Branchen sowie zwischen den Regionen im Kanton Graubünden variiert. So besitzt der Tourismus für die Regionen Davos, Schanfigg, Mittelbünden, Oberengadin und Unterengadin eine ausserordentlich hohe Bedeutung (> 50 % Beitrag zur Wertschöpfung), wodurch die Regionen entsprechend wenig wirtschaftlich diversifiziert sind. In den Regionen Prättigau und Surselva ist der Beitrag des Tourismus zur Bruttowertschöpfung mit 32 % bzw. 43 % auch noch beträchtlich. Eine geringe Abhängigkeit vom Tourismus zeigen mit 10-20 % die Regionen Bündner Rheintal, Viamala und die Südtäler. Da somit deren Wirtschaft wesentlich stärker diversifiziert ist, würde ein Einbruch im Tourismus diese Regionen entsprechend weniger stark treffen.

Abschliessend werden hier übersichtsmässig Gesetze, Verfügungen und Strategien des Kantons Graubünden (AFWTGR, 2013) aufgeführt, welche als **politische und institutionelle Rahmenbedingungen** möglicherweise (positive) Auswirkungen auf den Tourismus haben:

- Kantonales Tourismusgesetz 2004
- Departementsverfügung betreffend Gewährung von Darlehen und Beiträgen an Beherbergungsbetriebe
- Departementsverfügung betreffend Richtlinien zur Gewährung von NRP-Darlehen sowie von kantonalen Beiträgen für den Bau von touristischen Transport- und Schneeanlagen
- Inszenierungsmasterplan für den Kanton Graubünden - Ideenvorschläge für touristische Inszenierungen
- Kantonales Sportanlagenkonzept und Inventar der kantonalen Sportanlagen (keine kantonale Sportanlage in der Region Viamala)
- Departementsverfügung betreffend Richtlinien zur Förderung von Veranstaltungen
- Strategie zur Förderung der Bergbahnen Graubünden
- Gesetz über Tourismusabgaben

Zudem gilt es noch zu erwähnen, dass im Zusammenhang mit der **Zweitwohnungsinitiative** (max. 20 % Zweitwohnungsanteil in der Gemeinde) von den total 29 Gemeinden der Region Viamala nur neun Gemeinden (Almens, Masein, Paspels, Pratval, Rodels, Rongellen, Rothenbrunnen, Scharans, Sils im Domleschg, Thusis) von der Verordnung nicht betroffen sind (AFRGR, 2013).

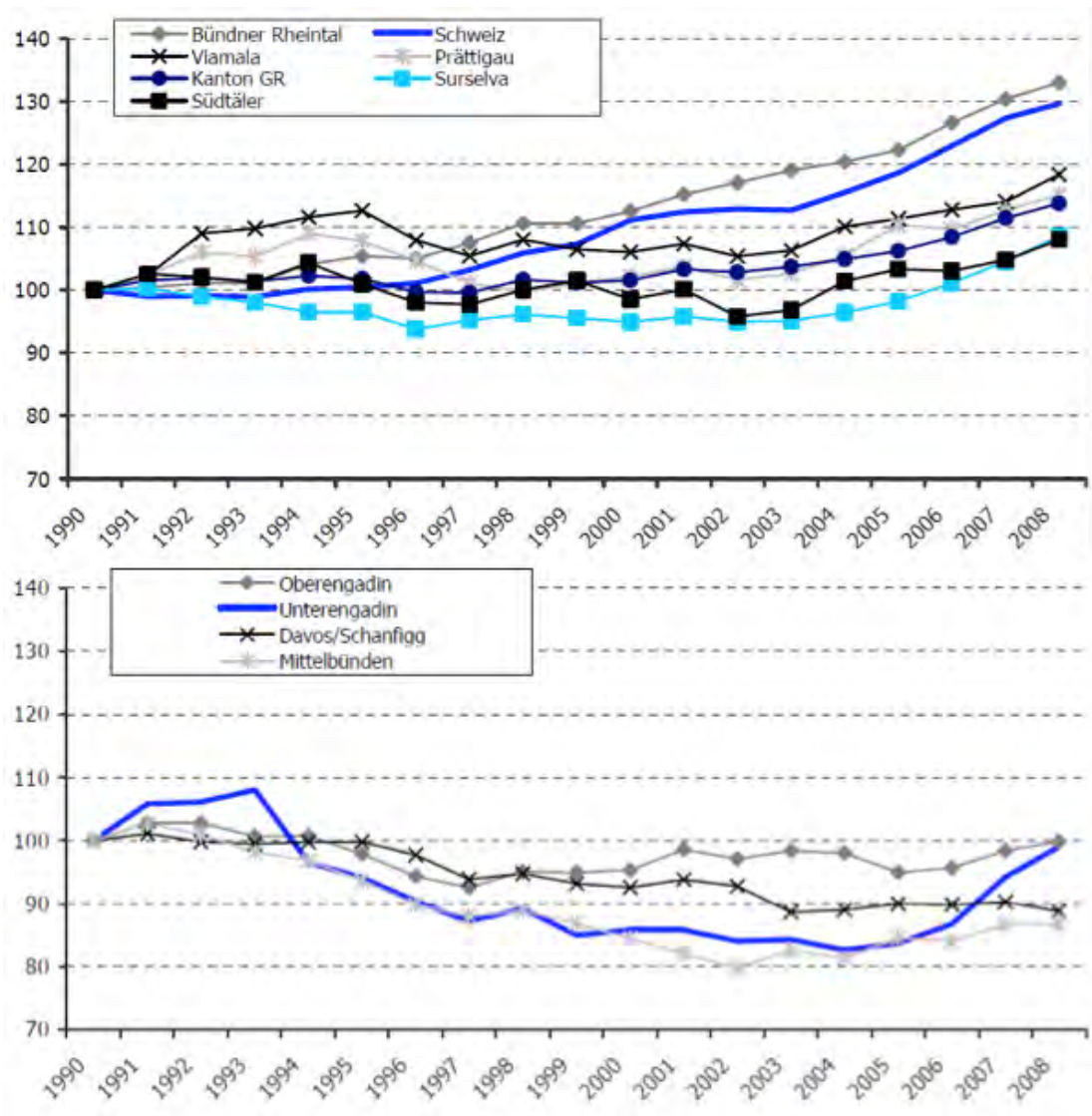


Abb. 3.14: Historische Entwicklung der Bündner Regionen – Entwicklung des realen Bruttoinlandsprodukts, 1990-2008, indexiert 1990 = 100 (BAKBASEL, 2010)

Das **Skigebiet am Pizzo Tambo in Splügen** befindet sich auf 1'480–2'215 m ü.M. und bietet mit Hilfe von technischer Beschneidung auf fünf Anlagen 30 Pisten-Kilometer. Die [BERGBAHNEN \(2012\)](#) bieten folgende Wintersportaktivitäten an: Schweizer Ski- und Snowboardschule Splügen, Schlittelweg Splügen, Kinderland, Nachtskifahren und -schlitteln, Snowtubing sowie Winterwandern. Die Saisonzeiten bzw. Betriebszeiten sind wie folgt: Wochenendbetrieb 30. November/1. Dezember 2013, 7./8. Dezember 2013, 14./15. Dezember 2013; Saisonbetrieb 21. Dezember 2013 bis 30. März 2014; tägliche Betriebszeiten 09.00 bis 16.00 Uhr. Im Jahr 1960 nahm in Splügen der erste Skilift den Betrieb auf und heute sind die Bergbahnen Splügen-Tambo AG einer der wichtigsten Tourismus- und Wirtschaftsfaktoren in der Region Viamala (Bergbahnen Splügen-Tambo AG, 2010). In der Saison 2011/12 wurden 94'025 Gäste mit einer Fahrtzahl von 909'563 gezählt. Dabei wurden mit den Bahnen 2'342'164 CHF und

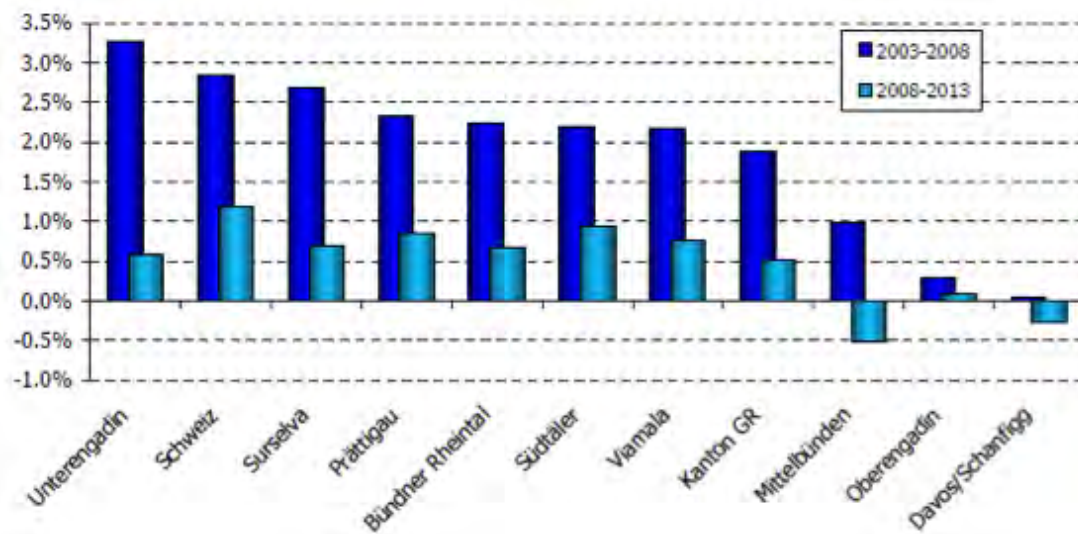


Abb. 3.15: Entwicklung des realen Bruttoinlandsprodukts - Durchschnittliche jährliche Veränderung in % (BAKBASEL, 2010)

mit der Gastronomie 1'277'913 CHF eingenommen, was einem Totalumsatz von 3'620'077 CHF entspricht und in einen Jahresgewinn von 1'422 CHF resultiert. Der durchschnittliche Umsatz 2006/07-2010/11 betrug 4.099 Mio. CHF, was einen durchschnittlichen Jahresgewinn von 0.413 Mio. CHF ergab BERGBAHNEN (2012).

Als weitere grössere touristische Infrastruktur soll hier noch auf das **Mineralbad „Aquadener“ in Andeer** hingewiesen werden.

3.2.4 Direktzahlungen für die Landwirtschaft

Die multifunktionale Landwirtschaft der Schweiz nimmt neben der Produktion von Nahrungsmitteln auch Aufgaben in der Erhaltung und Pflege von ökologisch bedeutenden Lebensräumen wahr. Die Direktzahlungsverordnung (DZV) ist dabei ein wichtiges agrarpolitisches Steuerelement des Bundes, womit die Ausrichtung der Landwirtschaft durch die öffentliche Hand reguliert werden kann. Gesellschaftlich geforderte Leistungen werden durch Direktzahlungen (Abb. 3.16) abgegolten (BLW, 2013). Der ökologische Ausgleich hat die Erhaltung der Lebensräume für vielfältige einheimische Tier- und Pflanzenarten im Landwirtschaftsgebiet zum Ziel. Weil die Flächen oft artenarm, isoliert und klein waren, wurde 2001 die Öko-Qualitätsverordnung (ÖQV) eingeführt, wobei mit finanziellen Anreizen die biologische Qualität und Vernetzung von öAF erzielt werden soll (AFNUGR, 2013).

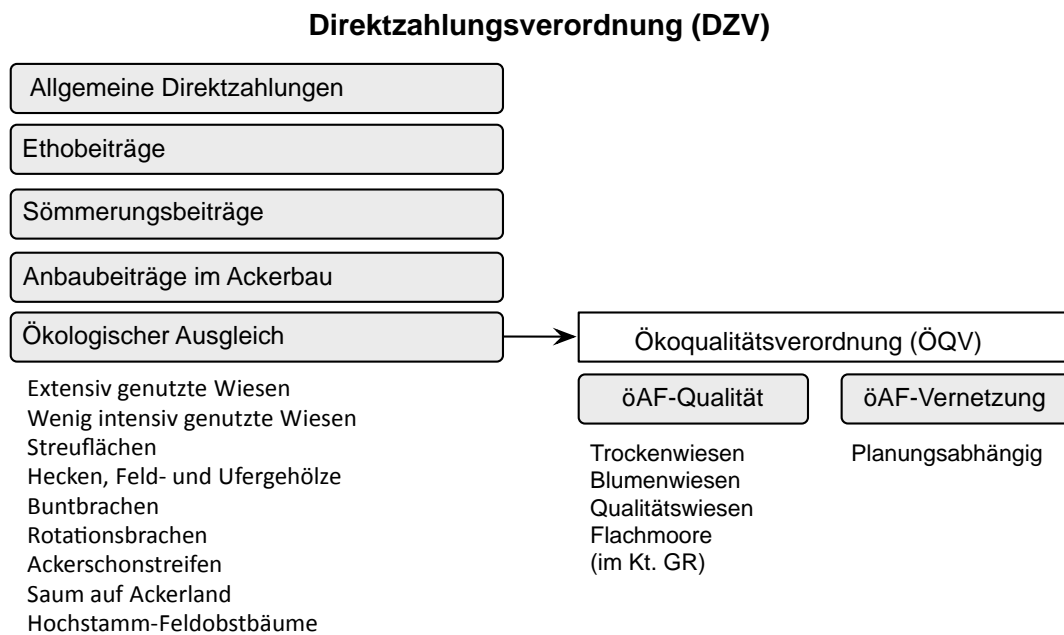


Abb. 3.16: Übersicht Direktzahlungsverordnung der Schweiz. (BLW, 2013)

Im Kanton Graubünden übernimmt das kantonale Amt für Natur und Umwelt (AFNUGR, 2013) die Koordination der ÖQV. Das bedeutet, dass der Kanton Auftraggeber ist und die Bewirtschaftungsverträge mit den BewirtschafterInnen abschliesst. Die Beiträge für die biologische Qualität erfordern das Vorkommen bestimmter Zeigerpflanzenarten für Trockenwiesen, Blumenwiesen, Qualitätswiesen oder Flachmoore. Für Vernetzungsbeiträge wird eine Planung vorausgesetzt, die besonders artenreiche Flächen miteinander vernetzt, die in der Regel von einem Ökobüro gemacht wird. Im Kanton Graubünden werden die Bewirtschaftung von sehr steilen Flächen, die Pflege wertvoller Lebensraummosaiken von mageren Wiesen und Hecken oder die gestaffelte Nutzung von artenreichen Wiesen unterstützt (ÖQV GR). Die Kosten übernimmt zu 80 % der Bund und zu 20 % der Kanton.

3.2.5 Siedlungsstruktur der Gemeinde Splügen

Die Entwicklung des Dorfes ist seit Jahrhunderten vom Transit geprägt (WANNER, 2013a). Durch die direkte Lage an der Handelsroute über den Splügenpass und vor allem nach dem Ausbau der Saumpfade zu Fahrstrassen im Jahr 1823, hat der Verkehr auf der Route nochmal stark zugenommen. Mit dem Bau des Gotthardtunnels wurde die Route über den Splügen unpopulär, wodurch viele Einwohner ihre Einnahmequelle verloren und abwanderten. Durch den in 1967 eröffneten San Bernardino Tunnel hat Splügen wieder als Transit- und vor allem Winter- und Sommerferienort einen wirtschaftlichen Aufschwung erlebt (WANNER, 2013b).

Splügens Architektur (Säumerherberge, Palazzi) zeugt von der jahrhundertealten Prägung durch den Handel, weshalb es vom Heimatschutz als Ortsbild von nationaler Bedeutung mit dem Wakkerpreis (1995) gekürt wurde. Dieser wird unter bestimmten Kriterien verliehen, welche einen respektvollen Erhalt und Aufwertung des alten Ortsbildes, sowie eine wirtschaftlich

vernünftige Weiterentwicklung fördern ([SCHWEIZER HEIMATSCHUTZ, 2013](#)).

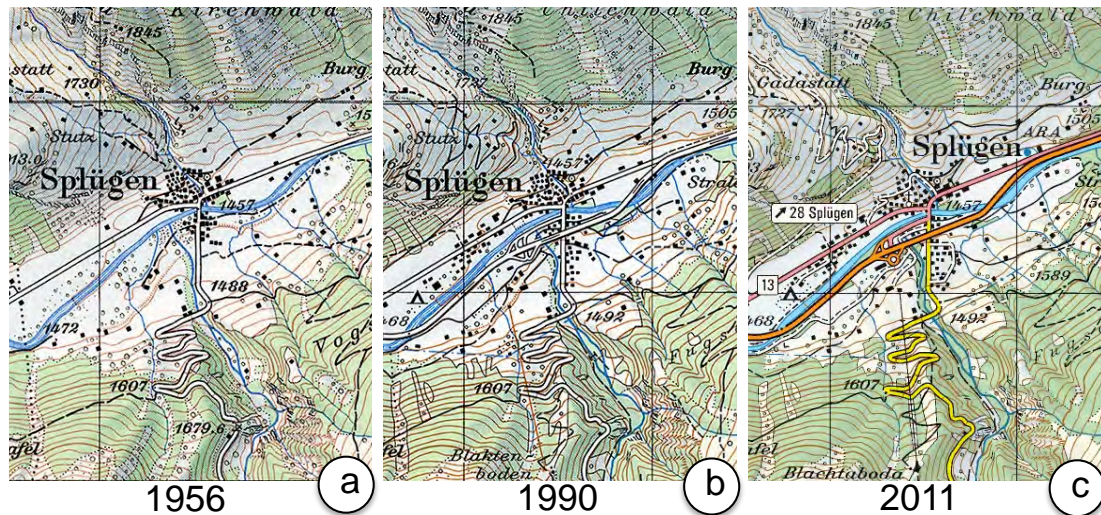


Abb. 3.17: Entwicklung der Siedlungsstruktur von Splügen: in den Jahren 1956, 1990 und 2011 ([SWISSTOPO, 2013](#)).

3.3 Wirtschaftliche Situation der Region früher und heute anhand des Beispiels von Madésimo

Madésimo Zahlen und Fakten:

Einwohnerzahl	581 (2001); 565 (2009)
Anzahl Besucher 1999	100'000, davon 17 % Ausländer
(vgl. Lombardei: Anzahl Besucher 1999)	1'700'000, davon 30 % Ausländer
Anzahl Hotelbetten	ca. 1000
Anzahl Skilifte	15

Quelle: [AUSENDA \(2002\)](#)

Der Wirtschaftssektor in Madésimo besteht vor allem aus Industrie (forst- und landwirtschaftliche Produkte) und Tourismus (vorwiegend Winter), daneben extensive Landwirtschaft (Viehwirtschaft, Weinanbau, Getreide). Madésimo wird vom EU-Programm –Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung– gefördert, mit dem Ziel die lokale Attraktivität, wirtschaftliche Innovation und regionale Anbindung zu steigern ([ITALIAPEDIA, 2013](#)).

Die Siedlungskarten von Madésimo (vgl. Abb. 3.18) lassen sich in Bezug auf die Grösse, die Art und die Entwicklung der Siedlungsstruktur, der Erschliessung sowie auf die Veränderungen im Tourismus und in der Landwirtschaft betrachten.

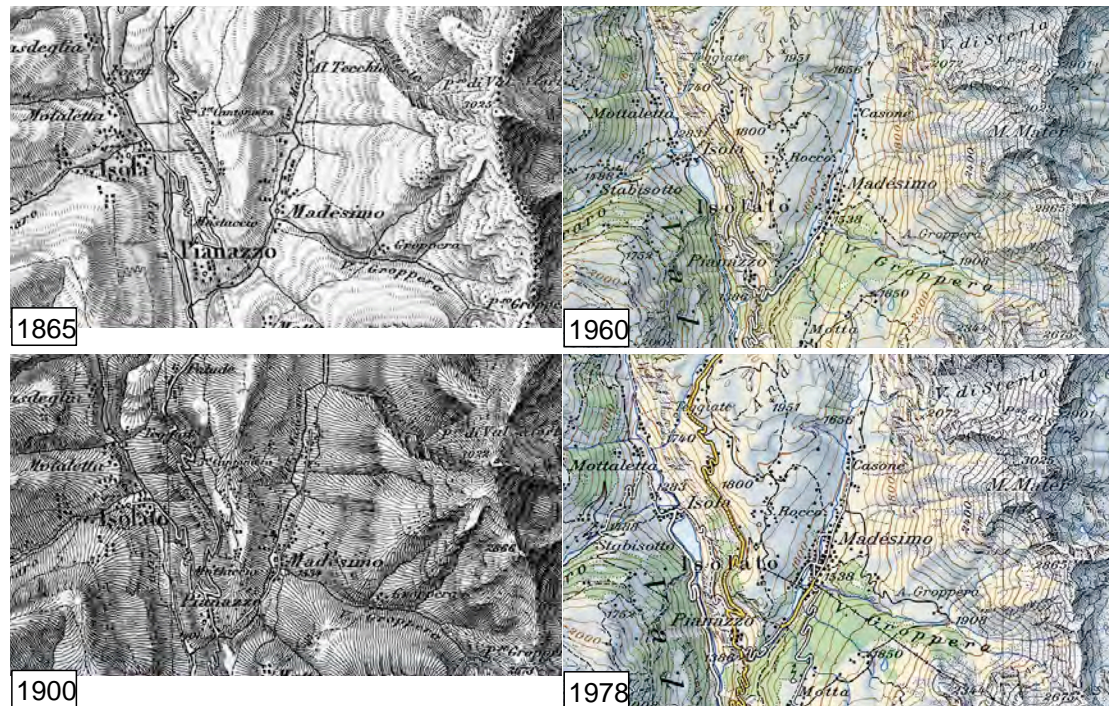


Abb. 3.18: Entwicklung der Siedlungsstruktur von Madésimo in den Jahren 1856, 1900, 1960 und 1978. (vgl. Abb. 3.19) (SWISSTOPO, 2013).



Abb. 3.19: Aktuelle Siedlungsstruktur Madésimo 2011. (vgl. Abb. 3.18) (SWISSTOPO, 2013).

3.3.1 Die Slow-City-Bewegung in Chiavenna

Die Bewegung fand 1999 in Italien ihren Ursprung. Slow City wurde zu einer Qualitätsmarke kleiner Städte mit weniger als 50'000 Einwohnern, der mittlerweile über 100 Orte weltweit beigetreten sind. Die Philosophie der Slow City lautet: „Looking for the best of the knowledge of the past and enjoying it to the best possibilities of the present and of the future“ ([CITTASLOW, 2013](#)).

Das Konzept bildet einen Gegentrend in Zeiten der Globalisierung und des Zeitmangels. Die Bewegung hat zum Ziel, sich bewusst Zeit zu nehmen für lokale Werte und Güter von gastronomischen Spezialitäten, lokalem Handwerk, traditionellen Riten, einheimischer Landschaft und Architektur. Die Slow City Bewegung erreicht damit den respektvollen und genussvollen Umgang mit lokalen Ressourcen und fördert gleichzeitig Wirtschaft und Identität der Region. Chiavenna (Abb. 3.22) ist die nördlichste Slow City in Italien und hat rund 7'000 Einwohner. Die Stadt verdankt die Slow-City-Mitgliedschaft der Bürgermeisterin Teresa Tognetti. Chiavenna setzt die Ideen der Slow-City-Bewegung hauptsächlich bezüglich der alternativen Mobilität und dem Erhalt von traditionellen Nahrungsmitteln um. So bezog sich auch das erste Slow-City-Projekt in Chiavenna auf die Rettung der sogenannten „Violino“, einer Fleischspezialität, welche nur in Chiavenna hergestellt wird und zu Verschwinden drohte. Von der Bewahrung dieser Tradition kann heute die lokale Wirtschaft, wie etwa die Metzger und Ziegenhalter, profitieren, da der Ziegenschinken auch exportiert wird. „Violino“ wird in Kellergrotten, den sogenannten „Crotti“ während drei Monaten gelagert. Diese „Crotti“ sind ein weiteres Merkmal für Chiavenna. Es sind natürliche Höhlen, welche durch Bergrutsche gebildet wurden und sich dank den konstanten Temperaturen während dem ganzen Jahr für das Lagern von Lebensmitteln und Weinen eignen. Noch heute werden diese teilweise von Restaurants und Metzgern für die Lagerung benutzt ([MAYER UND KNOX, 2007](#)).

Weiter beinhalten Chiavennas Bemühungen im Rahmen von Slow City den Unterhalt von historischen Bauten innerhalb (Fresken, Malereien) und ausserhalb (Handelsrouten) der Stadt. Zudem ist man bemüht alte Traditionen (offene Gärten, Markt), Spezialitäten (Kastaniennudeln, weisse Buttergnocchi) und Produkte (Brisaola, Schafskäse) zu erhalten. Eines der wohl wichtigsten Materialien welche zur Entwicklung Chiavennas beigetragen hat ist der Speckstein. Er war nicht nur im Haushalt unverzichtbar als Kochtopf sondern schmückt auch viele Hausfassaden, Portale und Stadtbrunnen.

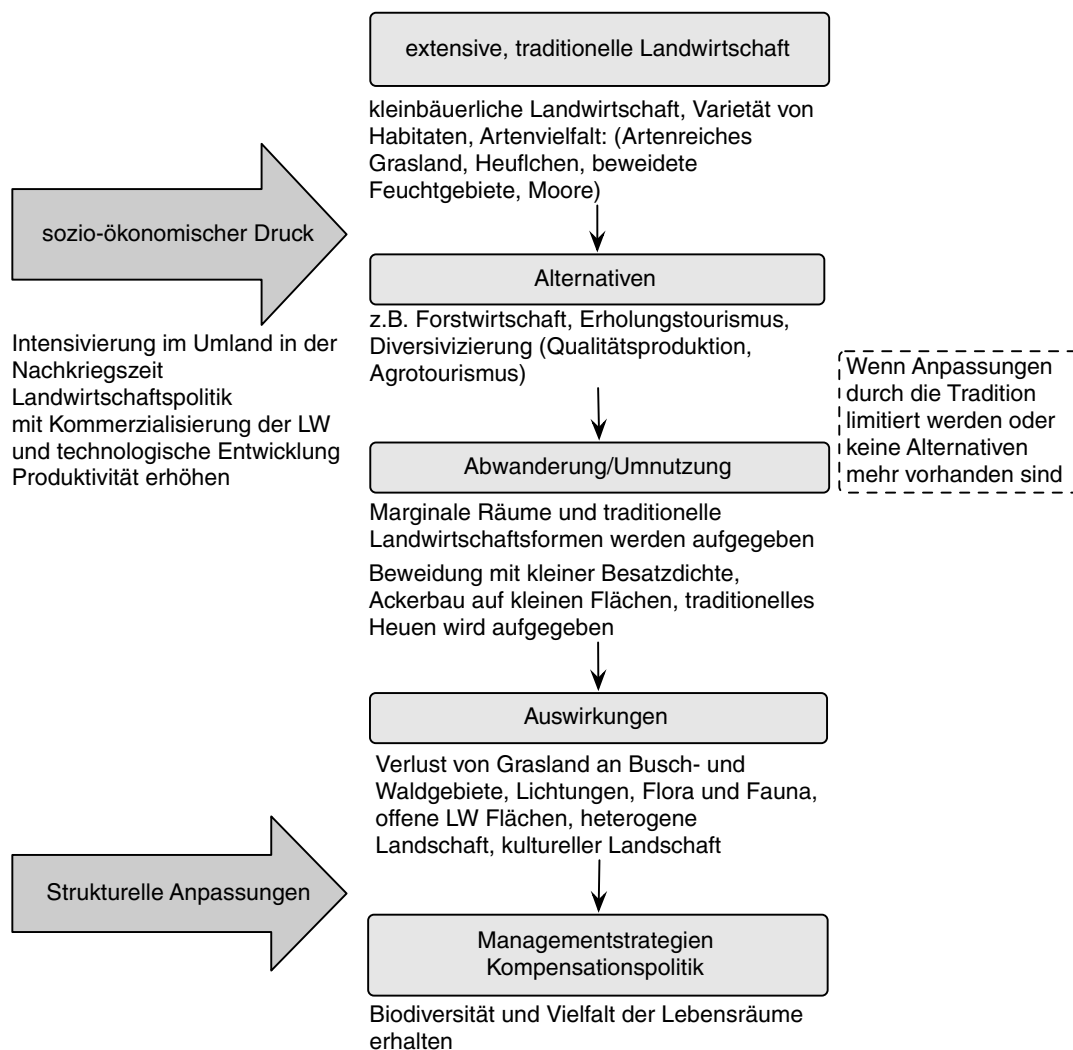


Abb. 3.20: Stadtplan von Chiavenna (WIKIMAPIA, 2013)

3.3.2 Landwirtschaftspolitik und Abwanderung in ländlichen Bergregionen am Beispiel der Alp Avero

Die lokale Architektur dieser Steinhaussiedlung (Carden) veranschaulicht die bauliche Einbettung in die natürliche Umgebung (lokales Baumaterial, Anordnung der Räumlichkeiten) und die früher praktizierte Transhumanz und Sömmern auf den entfernt gelegenen Alpweiden (MU.VI.S., 2013). Die sozio-ökonomische Entwicklung der Alp Avero bildet einen Kontrast zu den Siedlungen im Tal.

Aufgabe von landwirtschaftlichen Flächen in ländlichen Bergregionen



nach MacDonald et al. 2000

Abb. 3.21: Schematische Darstellung zur Aufgabe von landwirtschaftlichen Bergregionen in Europa. (MACDONALD ET AL. (2000))

3.4 Beobachtungen im Raum

In Abbildung 3.22 „Beobachtungen im Raum“ stellen wir unsere Beobachtungen dar, welche wir während der Exkursion zur humangeographischen Situation vor Ort gemacht haben. Wie in Abschnitt 3.1.1 zur Methodik schon erwähnt, werden in dem Schema einerseits die verschiedenen Höhenstufen (Thusis 720 m.ü.M. – Splügen 1'475 m.ü.M. und Chiavenna 333 m.ü.M.) sowie auch der Vergleich zwischen der Schweiz und Italien (Thusis–Chiavenna und Splügen–Madesimo) dargestellt. Die Beobachtungen wurden den Themengruppen Landwirtschaft (○), Siedlungsentwicklung (■) und Tourismus (–) zugeordnet.

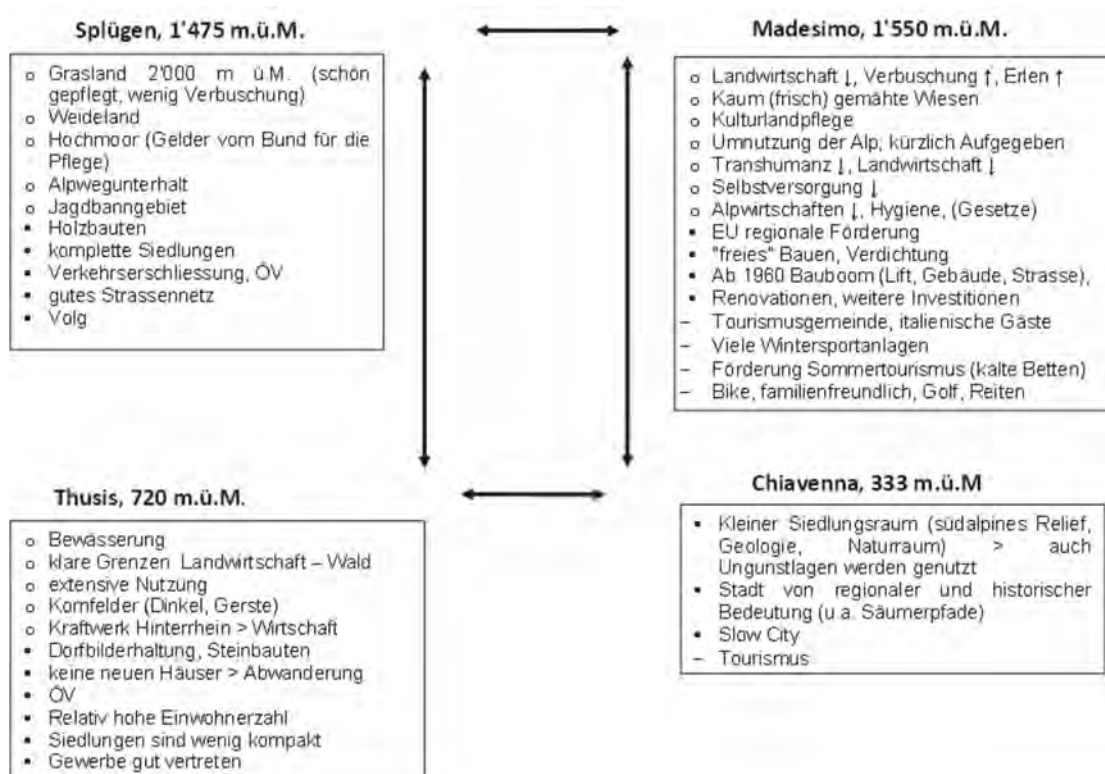


Abb. 3.22: Schema zu den Resultaten der „Beobachtungen im Raum“ (eigene Darstellung)

3.5 Fazit

In dem Kanton Graubünden kam es in den letzten Jahrzehnten zu einer zunehmenden Überalterung der Gesellschaft: dies wegen stark gesunkener Geburtenrate, höherer Lebenserwartung und einem negativen interkantonalen Wanderungssaldo. Dafür gibt es Zuwanderung aus dem Ausland, welche sich jedoch hauptsächlich auf das Rheintal konzentriert, nicht jedoch in den peripheren Regionen. Innerhalb der Region Viamala nimmt Thusis eine starke Zentrumsfunktion ein, was am starken Vorhandensein von Gewerbe gut erkennbar ist. Die Region Viamala hat die geringste touristische Wertschöpfung des Kantons, der Landwirtschaftssektor nimmt eine bedeutende Rolle für die Region ein. Dies erkennt man an den gut erhaltenen und präsenten Landwirtschaftsflächen. Der Landwirtschaftssektor profitiert in der Schweiz jedoch stark von den Direktzahlungen des Bundes. So wird die Landwirtschaft auch in, von Abwanderung und Überalterung geprägten, peripheren Regionen erhalten. Als Beispiel ist hier die Gemeinde Splügen mit den gut erhaltenen Weideflächen und gut unterhaltenem Alpwegnetz zu erwähnen. Der Bund unterstützt weiter den Erhalt von Lebensräumen für vielfältige einheimische Tier- und Pflanzenarten im Landwirtschaftsgebiet, was wir bei dem Hochmoor bei Splügen gut sehen konnten. Auffallend auf der Schweizerseite ist zudem die gute Verkehrserschliessung (mit dem privaten als auch dem öffentlichen Verkehr). Dies auch in peripheren und höher gelegenen Regionen, wie etwa Splügen.

Wie im Theorieteil gesehen, basiert die Wirtschaft von Madesimo hauptsächlich auf Industrie und Tourismus (vorwiegend Wintertourismus) sowie auf extensiver Landwirtschaft. Dies deckt sich gut mit unseren Beobachtungen im Raum. Auffallend ist die grosse Bautätigkeit während den letzten Jahrzehnten, welche teilweise unkontrolliert wirkt und auf den Tourismus zurückzuführen ist. Der Bauboom seit den 1960er Jahren ist einerseits an den zahlreichen Bauten wie etwa Ferienhäusern und Hotelanlagen in Madesimo selbst sowie an den vielen Wintersportanlagen und -pisten rund um Madesimo erkennbar.

Die Umgebung um Chiavenna ist von grosser Steilheit geprägt, was auch die Siedlungsstruktur beeinflusst und die Nutzung von Ungunstlagen fördert.

Bei dem Vergleich der Wirtschaftsstruktur von der Schweiz und Italien führt sicherlich die Förderung durch den Bund zu Unterschieden zwischen den beiden Ländern. So werden in der Schweiz durch die Direktzahlungen des Bundes, die Landwirtschaft als auch ökologische Ausgleichflächen gefördert und dies auch in peripheren Regionen. In Madesimo hingegen wird stark in den Wintertourismus investiert, was am Landschaftsbild deutlich erkennbar ist. Die Landwirtschaft hat hier eher eine abnehmende Bedeutung, wodurch verschiedene Alpen und Landwirtschaftsflächen aufgegeben wurden. Bei der Siedlungsentwicklung ist im Vergleich von der Schweiz und Italien vor allem auffällig, dass in der Schweiz vorwiegend auf dem Bergrücken gebaut wird, in Italien jedoch hauptsächlich im Tal.

3.6 Bilddokumentation



Abb. 3.23: Blick von der Burg Hohen Räten auf Thusis: Regionales Wirtschaftszentrum und Landwirtschaft in der Talzone (Foto: S. Studer).



Abb. 3.24: Touristische Vermarktung der Viamala durch Viamala Tourismus. Links: Eine für Wanderer neu erbaute Hängebrücke an der Via Spluga. Rechts: Touristen auf einer geführten Canoeing-Tour in der Viamala-Schlucht zwischen Andeer und Thusis (Fotos: S. Studer).



Abb. 3.25: Gepflegte Landschaft beim Leida Vons auf 2000 m.ü.M. (Foto: S. Studer).



Abb. 3.26: Der Splügenpass, bzw. die Grenze hat heute an Wichtigkeit verloren. Ungenutztes Gebäude auf dem Splügenpass (Foto: L. Schwab).



Abb. 3.27: Schutzwald bei Madesimo (Foto: M. Conder).



Abb. 3.28: Alp Avero
– wird heute als Ferienort genutzt (Foto: M. Conder).



Abb. 3.29: Chiavenna – Città Slow aus der Vogelperspektive (Foto: G. Doppmann).

Flora

Modell Höhenstufen der Vegetation
Baumarten
Alpine Rasen und Flechten
Zeigerpflanzen

Moore

Hochmoore
Flachmoore
Moorlandschaften

Fauna

Säugetiere und gleichwarme Tiere
Wechselwarme Tiere
Insekten und Gliederfüssler

Biodiversität und Höhe



4 — Flora, Moore und Fauna

4.1 Flora

Auf unserer Exkursion haben wir die verschiedenen Höhenstufen des Nord-Süd-Alpenprofils durchwandert. Die Veränderung der Höhenstufen zeigte sich am deutlichsten an der beobachteten Vegetation, da sich diese durch den Wechsel in den klimatischen Bedingungen mit der Höhe verändert ([VEIT, 2002](#)).

Alle physiologischen Vorgänge in Pflanzen, wie Atmung, Wachstum etc., unterliegen thermischer Regulation ([NENTWIG ET AL., 2009](#)). Mit der abnehmenden Temperatur ($0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 100 m) in der Höhe ist eine verkürzte Vegetationszeit verbunden und zwar eine Abnahme um 6-9 Tage / 100 m ([VEIT, 2002](#)). Die Anpassung an die Höhe zeigt sich in verschiedenen physiologischen Merkmalen (vgl. Abb. 4.1):

- Pflanzen haben kürzere Stiele, weil es in Bodennähe wärmer ist und im Winter die Schneedecke vor Wind und Kälte schützt,
- weniger Chlorophyll,
- intensiver gefärbte Blüten oder dunklere Färbung zur Absorption von Wärme (Bsp.: Männertreu *Nigritella rubra* ist dunkelrot),
- Schutzstoffe gegen die hohe UV-Strahlung
- Stomata (Öffnungen für Transpiration) auf beiden Blattseiten für bessere Abkühlung und mehr CO_2 -Aufnahme,
- Feinwurzelsystem bis 5x länger als bei Talpflanzen und hauptsächlich in obersten 10 cm des Bodens,
- Anteil der Nekromasse (abgestorbene Pflanzenteile) an der Phytomasse (Biomasse der lebenden Pflanze) steigt mit zunehmender Höhe,
- am höchsten aufsteigende Gefässpflanzen in ökologischen Sondernischen: Südexposition, Felsnischen, schützende Schneedecke ([VEIT, 2002](#)).

⁰Kapitel verfasst von: Sebastian Wolfinger, Sandra Olivia Brügger, Perrine Huber und Lorenz Schwab.

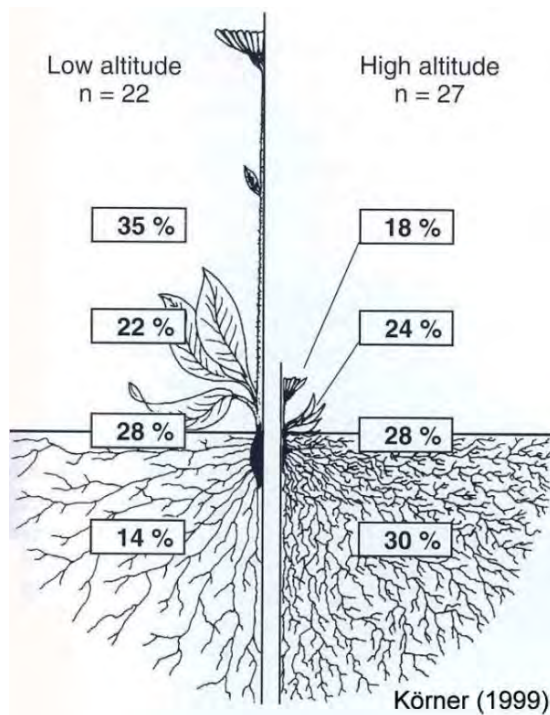


Abb. 4.1: Vergleich der Anteile einer Blütenpflanze auf 600 m ü.M. und 2500 m ü.M. (VEIT, 2002)

4.1.1 Modell Höhenstufen der Vegetation

Mit der abnehmenden Temperatur ($0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) in der Höhe ist eine verkürzte Vegetationszeit verbunden und zwar Abnahme um 6–9 Tage pro 100 Höhenmeter (VEIT, 2002).

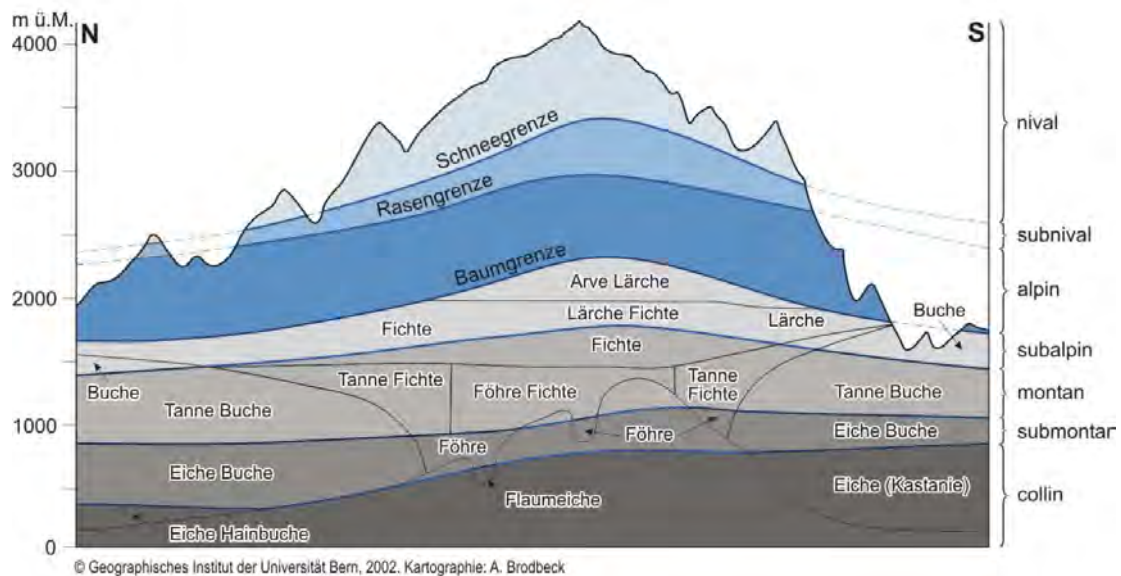


Abb. 4.2: Verlauf der Höhenstufen in den Alpen im N-S-Profil und typische Vegetation (VEIT, 2002).

Kolline Stufe

- Sommergrüne Laubwälder
- Obergrenze bilden häufig Eichen, in den Südalpen Weinbaugrenze und Obergrenze der Edelkastanie
- Heute Grenze des Getreideanbaus ([VEIT, 2002](#))

Montane Stufe (Bergwaldstufe)

- Obergrenze entspricht Waldgrenze
- Laubnadmischwälder mit Buchen und Weiss-tannen in den Randalpen
- in den trockensten Abschnitten Kiefern-wälder
- in den Zentralalpen Fichtenwälder, welche in der hochmontanen Stufe zu Lärchen-Arvenwäldern übergehen ([VEIT, 2002](#))

Subalpine Stufe (Wald- und Baumgrenze)

- aufgelockerte Baumbestände und Krummholz
- Zentralalpen: Arven und Lärchenbestände
- Waldgrenze endet bei 5.5–7 °C während der Wachstumsperiode
- Hochsommerweiden ([VEIT, 2002](#))

Alpine Stufe (alpine Rasen)

- Bereich zwischen Baumgrenze und geschlossener Rasengrenze
- Alpine Rasengesellschaften und Staudenfluren
- Zehrgebiet der Gletscher ([VEIT, 2002](#))

Subnivale Stufe

- Oberhalb der Rasengrenze bis klimatische Schneegrenze
- Polster- und Rosettenpflanzen sowie Flechten
- Schneefreie Zeit muss mindestens 6 Wochen betragen ([VEIT, 2002](#))

Nivale Stufe

- weitgehend schneebedeckt
- In schneefreien Flächen (Nunatakerfluren)
- Nährgebiet der Gletscher ([VEIT, 2002](#))

4.1.2 Baumarten**Arve (*Pinus cembra*)**

- Habitus: mittelgrosser, 25 m hoher, sturmfester Baum
- Rinde: anfangs grau und glatt, später goldbraun und längsrissig
- Blatt: **5 Nadeln in Büscheln**, bis zu 8 cm lang, blaugrün, dreikantig, steif
- Blüte: Juni–Juli, ♂ und ♀ am gleichen Baum
- Zapfen: bis 8 cm lang, eiförmig mit über 1 cm langen flügellosen, hartschaligen Samen, Kern ist essbar
- Verbreitung: **subalpine Stufe** ([OLDANI, 2013](#))



Abb. 4.3: Habitus, Zapfen und Nadeln der Arve. Bildquelle: [BAUMKUNDE.DE](http://www.baumkunde.de) (2013).

Fichte (*Picea abies*)

- Habitus: grosser, bis 50 m hoher Baum, Flachwurzler, anspruchslos
- Rinde: rotbraun, schuppig
- Blatt: 1–2 cm lange Nadeln, spitz und steif, glänzend grün, **meist rings um die Zweigachse angeordnet**
- Blüte: April–Juni, ♂ und ♀ am gleichen Baum
- Zapfen: bis 15 cm lang, anfangs aufrecht, später hängend, fällt als Ganzes ab, Samen geflügelt und tropfenförmig
- Verbreitung: häufig und weit verbreitet, typisch **montane Stufe**
- Besonderes: Gefährdet durch Sturmschäden, Rotfäulepilz, Borkenkäfer ([OLDANI, 2013](http://www.baumkunde.de))



Abb. 4.4: Habitus, Zapfen und Nadeln der Fichte. Bildquelle: [BAUMKUNDE.DE](http://www.baumkunde.de) (2013).

Lärche (*Larix decidua*)

- Habitus: bis 50 m hoch, Tiefwurzler
Rinde: rotbraun, anfangs glatt, später tiefrissige, schuppige Borke
Blatt: **20–30 Nadeln in Büscheln**, 2–5 cm lang, flach, weich, dünn, nicht stechend, hellgrün
Blüte: April- Juni, ♂ und ♀ am gleichen Baum
Zapfen: klein, bis 4 cm lang, eiförmig, aufrecht, anfangs hellbraun, später grau, mehrere Jahre am Baum, Samen sind geflügelt, hellgelb und gesprenkelt
Verbreitung: **subalpine Stufe**
Besonderes: **verliert im Herbst die Nadeln** (OLDANI, 2013)



Abb. 4.5: Habitus, Zapfen und Nadeln der Lärche. Bildquelle: [BAUMKUNDE.DE](http://baumkunde.de) (2013).

Weisstanne (*Abies alba*)

- Habitus: grosser, bis 50 m hoher Baum, Tiefwurzler
Rinde: weissgrau, mit Harzbeulen
Blatt: flache, 2–3 cm lange Nadeln, Oberseite glänzend dunkelgrün, Unterseite mit **2 bläulich-weissen Längsstreifen**, nicht stechend
Blüte: April–Juni, ♂ und ♀ am gleichen Baum
Zapfen: bis 12 cm lang, dauernd aufrecht, zerfällt unmittelbar nach der Reife, Zapfenspindel bleibt auf dem Zweig stehen, Samen geflügelt und dreikantig
Verbreitung: reine Tannenwälder (Abietum) dort, wo die Buche aufgrund von extremen Umweltbedingungen nicht mehr konkurrenzfähig ist, **montane Stufe** (OLDANI, 2013)



Abb. 4.6: Habitus, Zapfen und Nadeln der Weisstanne. Bildquelle: BAUMKUNDE.DE (2013).

Föhre (*Pinus silvestris*)

- Habitus: grosser, bis 40 m hoher Baum, Tiefwurzler
 Rinde: rotbraun, anfangs glatt, später dicke plattenförmige Borke
 Blatt: 4–6 cm lange Nadeln **in paarigen Büschel**, dünn, spitz und steif
 Blüte: April bis Juni, ♂ und ♀ am gleichen Baum
 Zapfen: bis 7 cm lang, kurzgestielt, kegelförmig, anfangs aufrecht, später hängend
 Verbreitung: **submontane bis montane Stufe** (OLDANI, 2013)



Abb. 4.7: Habitus, Zapfen und Nadeln der Föhre. Bildquelle: BAUMKUNDE.DE (2013).

Edelkastanie (*Castanea sativa*)

- Habitus: 20–25 m hoher sommergrüner Baum, Stammumfang bis 4 m, Pfahlwurzel mit Seitenwurzeln
- Rinde: junge Zweige hell rotbraun mit dreieckigen Blattnarben, Zentrum der Zweige ein 5-eckiges Mark, später graubraun mit spiralförmigen Rissen
- Blatt: 12–20 cm lang, lanzettförmig, ledrig, Blatttrand gezähnt, Oberseite glänzend tiefgrün und kahl, Unterseite heller mit 12–20 Aderpaare treten deutlich hervor, Herbstfärbung gelbbraun, direkt vor dem Abfallen braun
- Blüte: Juni, ♂ und ♀ am gleichen Baum, keine Selbstbestäubung
- Frucht: glänzende, dunkelbraune Nüsse mit weißem Fleck, von **stacheligem Fruchtbecher** umgeben, der zu Beginn grün, später braun ist
- Verbreitung: Südlich der Alpen bis ca. 1000 m ü. M., **kolline Stufe**
- Besonderes: Ausbreitung der Früchte durch Eichhörnchen, Siebenschläfer, Krähen und Hähner, welche ihre Nahrungsvorräte im Boden vergessen; können bis 1.000 Jahre alt werden ([OLDANI, 2013](#))

Unterschiede zwischen Ess- und Rosskastanie***Edelkastanie***

- Blatt: *Blätter einzeln*
- Früchte: *Früchte essbar (Maronis); Fruchtschalen weich mit dünnen Nadeln; mehrere Früchte pro Becher; Früchte mit leicht behaarter Spitze*
- Gattung: *Buchengewächse*

Rosskastanie

- Blätter *5-fingerig*
- Früchte *(Kastanien) als Wildtierfutter verwendet; Fruchtschalen hart mit wenigen kurzen Stacheln; 1 Frucht pro Becher; Früchte ohne Spitze und nicht behaart*
- Gattung: *Seifenbaumgewächse*



Abb. 4.8: Habitus, Blatt und Frucht der Edelkastanie. Bildquelle: [BAUMKUNDE.DE](#) (2013).

Buche (*Fagus silvatica*)

- Habitus: bis 40 m hoher Baum, Tiefwurzler, Stamm rund
- Rinde: grau, glatt, selten rissig
- Blatt: breit, lanzettlich mit welligem Rand, Oberseite grün, glänzend, Unterseite heller, matt
- Blüte: April bis Juni zeitgleich mit Blattaussbruch, ♂ und ♀ am gleichen Baum
- Frucht: **dreikantige „Buchnüssli“**, zu zweit in weichstacheligem Fruchtbeger
- Verbreitung: **kolline bis montane Stufe** (OLDANI, 2013)



Abb. 4.9: Habitus, Blatt und Frucht der Buche. Bildquelle: [BAUMKUNDE.DE](http://baumkunde.de) (2013).

Stieleiche (*Quercus robur*)

- Habitus: bis 40 m hoher Baum mit unregelmässiger Krone, Tiefwurzler
- Rinde: anfangs glatt, grau, glänzend, später graubraune, längsfurchige, gerbstoffhaltige, dicke Borke
- Blatt: oval, unregelmässig gelappt, **kurzgestielt**
- Blüte: April bis Juni zeitgleich mit Blattaussbruch, ♂ und ♀ am gleichen Baum
- Frucht: längliche, längsgestreifte Eicheln in kleinen Bechern, 1–5 zusammen **an langem Stiel**
- Verbreitung: **kolline bis submontane Stufe** (OLDANI, 2013)



Abb. 4.10: Habitus, Blatt und Frucht der Stieleiche. Bildquelle: [BAUMKUNDE.DE](http://www.baumkunde.de) (2013).

Traubeneiche (*Quercus petraea*)

- Habitus: kleiner als Stieleiche, regelmässige Krone, Tiefwurzler
 Rinde: anfangs glatt, grau, glänzend, später graubraune, längsfurchige, dicke Borke
 Blatt: **langgestielt**, oval, regelmässig gelappt, Nerven nur in Lappen verlaufend, Oberseite dunkelgrün, glänzend, Unterseite mattgrün, ledrig
 Blüte: Mai bis Juni zeitgleich mit Blattausschuss, ♂ und ♀ am gleichen Baum
 Frucht: kugelige Eicheln in kleinen Bechern, **fast ungestielt**, in Trauben zu 3–7
 Verbreitung: **kolline bis submontane Stufe** (OLDANI, 2013)



Abb. 4.11: Habitus, Blatt und Frucht der Traubeneiche. Bildquelle: [BAUMKUNDE.DE](http://www.baumkunde.de) (2013).

4.1.3 Alpine Rasen und Flechten

Rasengesellschaften

Curvuletum (Krummseggenrasen) ist die dominierende Rasengesellschaft der alpinen Höhenstufe mit der namensgebenden Krummsegge (*Carex curvula*).

Die Krummsegge ist optimal an die Höhe angepasst, da sie sich vegetativ ausbreitet, also keine Samen bildet und deshalb eine relativ kurze Vegetationsperiode hat. Im Spätsommer wirken diese alpinen Rasen bräunlich, da die Krummsegge ihr Wachstum bereits einschränkt.

Die trockenen Pflanzensprossen sind deshalb kein Zeichen für Wassermangel der Pflanze. Die Pflanze ist resistent gegenüber Klimaänderungen: Ihre Klone können bis zu 2000 Jahre alt werden. Alpine Pflanzen wie die Krummsegge können bei 0 °C noch Photosynthese betreiben und wachsen deshalb auch unter einer leichten Schneedecke die von Licht durchdrungen wird. Krummseggenrasen sind oft auf Podsol vorkommend, da dessen Entwicklung nur unter längeren eisfreien Phasen möglich ist. Die Krummsegge breitet sich mit einem Wachstum von ca. 1 mm pro Jahr aus und bildet deshalb nur über lange Zeiträume geschlossene Rasendecken (VEIT, 2002).



Abb. 4.12: *Curvuletum* (Krummseggenrasen) auf der Exkursion.

Gewöhnliche Krummsegge (*Carex curvula*)

- Beschreibung: Stängel und Blätter auffällig gebogen. Blätter gefaltet bis flach, über dem Mittelnerv mit einer deutlichen Rinne. Deckspelzen braun bis dunkelbraun.
- Standort: auf kalkfreien Böden
- Verbreitung: alpine Höhenstufe
- Besonderes: Vegetative Vermehrung (LAUBER ET AL., 2012)

Flechten

Auf der Exkursion haben wir verschiedene Flechtenarten auf Geröll, an der Rinde von Bäumen und auf Rasen aufliegend angetroffen.

Flechten sind eine Symbiose zwischen einem Pilz (Mykobiont) und Algen oder Cyanobakterien (Photobiont). Die Photobionten versorgen den Mykobionten mit Nährstoffen, welche sie durch Photosynthese gewinnen. Der Mykobiont schützt die Photobionten vor dem Austrocknen und vor zu starker UV-Bestrahlung.

Nur in dieser Symbiose werden die typischen Wuchsformen herausgebildet und der Mykobiont bildet die Flechtensäure, welche eine wichtige Funktion für die Gesteinsverwitterung und damit



Abb. 4.13: Gewöhnliche Krummsegge (*Carex curvula*), Bildquelle: [LAUBER ET AL. \(2012\)](#).

die Bodenbildung hat. Flechten können als Bioindikator verwendet werden: Sie sind auf eine hohe Luftqualität angewiesen und reagieren sehr sensibel auf Schadstoffe, weil sie Nähr- und Schadstoffe ungefiltert aus der Luft aufnehmen ([CASPARI UND SCHAUER, 1973](#)). Kryptogamenkrustenflechten können zudem vor erosiven Prozessen schützen, indem sie Lockermaterial überwachsen und befestigen. Nach der Wuchsform können Flechten in vier Gruppen eingeteilt werden:

- Krustenflechten (Landkartenflechte, Kryptogamenkrustenflechten)
- Strauchflechten (Rentierflechte)
- Gallertflechten
- Laub- und Blattflechten

Krustenflechten können über 4.500 Jahre alt werden. Durch ihr konstantes, radiales Wachstums können sie zur Altersbestimmung von freigelegten Steinen z.B. bei Rückgang eines Gletschers genutzt werden. Dabei wird der Durchmesser der Flechten direkt zum Alter des Untergrunds in Bezug gesetzt. Diese Datierungsmethode wird Lichenometrie genannt. Sie überleben allerdings längerfristig nur an Standorten, wo sie nicht durch feuchtigkeitsliebende Moose überwachsen werden. Da das immer gleichmäßigen Wachstums nicht unumstritten ist, wird die Lichenometrie als ergänzende Methode eingesetzt oder dann, wenn es keine Alternativen gibt.

Die Landkartenflechte (auch Geographenflechte genannt, da im Feld auch für Geographen leicht zu erkennen), ist ein Zeiger für saures Substrat (Silikatgestein). Der schwarze Rand besteht aus dem Pilz, welcher zunächst ohne den Photobiont neue Lebensräume für die Flechte erobert. Je nach Standort hat die Landkartenflechte eine Wachstumsrate zwischen 0.25–0.6 mm pro Jahr. Durch ihr radiales Wachstum eignet sie sich deshalb gut für die Datierung von Gletscherrückzügen, sofern zuerst die standortbedingte Wachstumsrate ermittelt wurde.

4.1.4 Zeigerpflanzen

Viele Pflanzen haben sich an spezifische Lebensräume angepasst und können deshalb als Zeiger für Umweltbedingungen verwendet werden. Auf der Exkursion wurden die folgenden Arten angetroffen.



Abb. 4.14: Die Landkartenflechte ist an ihrer leuchtend- bis schmutzig gelben Färbung und der dunklen Umrandung zu erkennen (Foto: Elias Willmann).

Bewimperte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum* L.)

- Beschreibung:** Blätter beidseitig bleibend grün, oben heller, unten zerstreut drüsig rostbraun getüpfelt, **Rand mit ca. 1 mm langen Wimpern**, fein wellig, nicht umgebogen. Krone hellrot. Kelchzipfel länglich-lanzettlich, lang bewimpert.
- Standort:** Felsen, Felsschutt, auf Kalk
- Verbreitung:** (montan-)subalpin(-alpin)
- Ökologie:** **Kalkzeiger** (LAUBER ET AL., 2012)

Rostblättrige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum* L.)

- Beschreibung:** Bis 1 m hoher Zwergstrauch. Blätter immergrün, derb, oval oder lanzettlich, 1.5–4 cm lang, ganzrandig, mit nach unten gebogenem Rand, oberseits dunkelgrün glänzend, **unterseits zuletzt rostbraun**, kahl. Blüten zu 6–12 in doldigen Trauben am Ende der Zweige. Krone leuchtend rot, ca. 1.5 cm lang. Kelchzipfel kurz dreieckig, bewimpert. Frucht eine harte, 5-fächerige Kapsel.
- Standort:** Wälder, Weiden, kalkmeidend
- Verbreitung:** (montan-)subalpin(-alpin)
- Ökologie:** **Silikatzeiger**, wichtiger Rohbodenpionier (LAUBER ET AL., 2012)

Box 4.1 — Vikariismus. Nahe verwandte Arten, die einander unter ökologischen Bedingungen oder in geographischen Räumen vertreten. (NENTWIG ET AL., 2009) Bsp.: Rostblättrige und bewimperte Alpenrose.

Silbermantel (*Alchemilla alpina* L.)

- Beschreibung:** 10–30 cm hoch, aufrecht, mit niederliegenden sterilen Seitentrieben. Grundständige Blätter 5–7-teilig (nie 9-teilig), Abschnitte 1–3 cm lang, vorn gezähnt, die mittleren bis zum Grunde getrennt oder höchstens 3 mm verwachsen, beiderseits dicht silberglänzend behaart. Alle Blüten mit Tragblättern, in dichten Knäueln, seitliche Blütenstiele nur 0.5–2 mm lang.
- Standort:** Rasen, Felsen, auf Silikat
- Verbreitung:** montan-alpin (LAUBER ET AL., 2012)
- Ökologie:** **Silikatanzeiger**
- Besonderes:** Heilpflanze, Verwendung als Tee



Abb. 4.15: Links: Bewimperte Alpenrose; rechts: Rostblättrige Alpenrose (LAUBER ET AL., 2012)



Abb. 4.16: Links: Silbermantel; Rechts: Gelber Frauenmantel (LAUBER ET AL., 2012)

Gelber Frauenmantel (*Alchemilla xanthochlora* aggr)

Beschreibung: 30–60 cm hoch, sehr unterschiedlich behaart, aber nie seidig schimmernd. Grundständige Blätter meist nur im äussersten Drittel oder Viertel 5–9(–11)-lappig, Lappen halbkreisförmig bis dreieckig, Zähne am Rande behaart. Behaarung an Stängel und Blattstielen grossenteils senkrecht abstehend, Blütenstiele stets kahl. Kelchbecher zur Fruchtzeit 1–2 mal so lang wie die inneren Kelchblätter, diese meist deutlich länger als die äusseren.

Standort: montane und alpine Weiden

Verbreitung: montan-alpin

Ökologie: Feuchteliebend, Düngermeidend, **Zeiger für Magerweiden**

Gelber Enzian (*Gentiana lutea* L.)

Beschreibung: Stängel 50–120 cm hoch, unverzweigt, rund, hohl. Blätter breit-lanzettlich, mit 5–7 bogigen, verzweigten Hauptnerven, 5–15 cm breit, bläulich-grün, am Stängel gegenständig, sitzend. Blüten zu 3–10 in den oberen Blattwinkeln, ca. 1 cm lang gestielt. Krone goldgelb, weit trichterförmig, bis fast zum Grunde 5–6-teilig, mit schmal-lanzettlichen, bis 3.5 cm langen Zipfeln. Kelch dünnhäutig, 2–6-zählig, auf einer Seite tief aufgeschlitzt.

Standort: Alpweiden, Fettwiesen, kalkliebend

Verbreitung: (kollin-)montan-subalpin

Ökologie: **Nährstoffzeiger**

Alpenampfer (*Rumex alpinus* L.)

Beschreibung: Bis über 1 m hoch, verzweigt. Grundständige Blätter oval bis rundlich, bis 50 cm lang, am Grunde tief herzförmig, Rand oft wellig, wie die oberen Blätter lang gestielt. Gesamtblütenstand dicht zusammengezogen, mit verzweigten, aufrechten Ästen. Äussere Perigonblätter den inneren anliegend. Diese 4–5.5 mm lang, länger als breit, ganzrandig oder geschweift-gezähnt, netznervig, ohne Schwielen.

Standort: Lägerstellen, **Umgebung von Alphütten, überdüngte Wiesen**

Verbreitung: (montan-)subalpin(-alpin)

Ökologie: **Nährstoffzeiger**

Besonderes: früher als Schweinefutter kultiviert ([LAUBER ET AL., 2012](#))



Abb. 4.17: Links: Gelber Enzian; Rechts: Alpenampfer ([LAUBER ET AL., 2012](#))

Gewöhnlicher Wundklee (*Anthyllis vulneraria* L.)

Beschreibung: Stängelblätter 3–5, \pm gleichmässig verteilt. Endteilblatt der oberen Stängelblätter nur 1–1.3 mal so lang wie die seitlichen und nur wenig breiter als diese. Blüten hellgelb bis rosa, Schiffchenspitze purpurn. Kelch 3–5 mm dick, anliegend behaart, meist mit roten Zipfeln. Hüllblätter tief geteilt, mit spitzen Zipfeln.

Standort: Trockenwiesen, lichte Wälder

Verbreitung: kollin-montan(-subalpin)

Ökologie: Zeiger von **Magerwiesen**, Pionierpflanze ([LAUBER ET AL., 2012](#))

Besonderes: gehört als Tiefwurzler, sowie durch die Wurzelknöllchen mit stickstoffbindenden Bakterien, zu den wichtigsten Rohbodenfestigern und Pionieren; wird auf Erdabrissen, Lawinenanrissen und Straßenböschungen angebaut. Die Pflanze ist düngerfeindlich und ihre Verbreitung nimmt durch Eutrophierung und Rückgang der Schafweide ab.

Silberdistel (*Carlina acaulis*)

Beschreibung: Stängel sehr kurz oder bis 30(–60) cm hoch, aufrecht, meist einköpfig. Blätter wellig-fiederschnittig, mit tief geteilten Abschnitten, stachelig gezähnt. Köpfe von den zungenförmigen, strahlig ausgebreiteten, silberweiss-glänzenden inneren Hüllblättern umgeben, Durchmesser mit diesen 5–12 cm. Blüten röhrenförmig, weisslich bis braunpurpurn. Früchte 4–5 mm lang, rot-braun behaart, mit 10–15 mm langen, federigen Pappusborsten.

Standort: Magere Wiesen und Weiden

Verbreitung:

Ökologie: **Zeigerpflanze für Magerwiesen**

Besonderes: siehe Kasten

Box 4.2 — „Wetterdistel“: abgestorbene Hüllblätter der Silberdistel nehmen bei Erhöhung der Luftfeuchtigkeit an der Blattunterseite mehr Wasser auf als an der Blattoberseite: dadurch krümmen sich die Hüllblätter nach oben und schützen die Röhrenblüten vor Regen: schließen sich die Hüllblätter, ist Regen zu erwarten, bei Sonnenschein öffnen sie sich wieder.

Die Silberdistel besitzt viele Ausbreitungsmechanismen:

- durch den Pappus als Schirmchenflieger mit dem Wind verbreitet
- Verbreitung als Tierstreuer: die dornigen Hüllblätter heften sich an vorbeistreifende Tiere und schütteln so Früchte aus.
- Körnerfresser wie Vögel tragen zur Ausbreitung bei
- schließlich werden die Korbböden von der Pflanze losgelöst und verbreiten die verbliebenen Früchte als Steppenroller (=ganze Pflanzen oder Teile von ihnen losgelöst und rollend oder rutschend verbreitet)



Abb. 4.18: Links: Wundklee; Rechts: Silberdistel (LAUBER ET AL., 2012).

Trollblume (*Trollius europaeus* L.)

Beschreibung: bis 60 cm hoch. Blätter handförmig geteilt, mit rautenförmigen, 3-spitzigen Abschnitten. Blüten gelb, mit **10–15 kugelig zusammenneigenden Blumenblättern**, kleinen Honigblättern und zahlreichen Staubblättern. Früchtchen zahlreich, mehrsamig, zusammenneigend.

Standort: Feuchte Wiesen

Verbreitung: (kollin-)montan-subalpin(-alpin)

Ökologie: **Feuchtezeiger**

Halbkugelige Rapunzel / Teufelskralle (*Phyteuma hemisphaericum* L.)

Beschreibung: 3–20 cm hoch. Grundständige Blätter lineal, grasartig, 1–2 mm breit, meist ganzrandig, kahl. Blüten blauviolett, Kopf kugelig. Kronröhre 1–1.5 cm lang, vor dem Aufblühen gegen die Mitte gebogen. Hüllblätter am Grunde 3–6 mm breit, zugespitzt, kaum so lang wie der Kopf bis wenig länger, ganzrandig oder am Grunde mit wenigen Zähnen.

Standort: Rasen, Weiden, Felsspalten, kalkmeidend

Verbreitung: (subalpin-)alpin

Ökologie: **typische Pflanze für Scherstellen auf Skipisten, Silikatzeiger**



Abb. 4.19: Links: Trollblume; Rechts: halbkugelige Rapunzel (LAUBER ET AL., 2012)

Küchenschelle/Alpenanemone (*Pulsatilla alpina* L.)

Beschreibung: 20–50 cm hoch. Grundständige Blätter doppelt dreizählig mit fiederteiligen Abschnitten. Blüten weiss, Durchmesser 4–6 cm, aussen oft bläulich überlaufen. Griffel nach der Blüte fadenförmig verlängert und stark behaart („Bergmannli“).

Standort: Wiesen und Weiden, kalkliebend

Verbreitung: subalpin–alpin

Ökologie: **Kalkzeiger** (LAUBER ET AL., 2012)

Alpenleinkraut (*Linaria alpina*)

Beschreibung: Stängel niederliegend. Zipfel der Oberlippe 1–2 mal so hoch wie breit. Sporn unterseits abgeflacht. Samendurchmesser 1.2–2 mm.

Standort: Felsschutt, Moränen, meist auf Kalk

Verbreitung: (subalpin-)alpin

Ökologie: **Kalkzeiger** (LAUBER ET AL., 2012)



Abb. 4.20: Links und Mitte: Küchenschelle; Rechts: Alpenleinkraut. Bildquelle:(LAUBER ET AL. (2012)).

Weitere Feuchtezeiger

- Wollgräser
- Schachtelhalmarten

Weitere Nährstoff-/Düngeranzeiger

- Brennnesseln
- Ampferarten
- Wiesenkerbel

4.2 Moore

Moore sind von Wasser geprägte Lebensräume (Biotope), in denen ständig oder zum überwiegenden Teil des Jahres ein Wasserüberschuss herrscht. Der erschwerte Wasserabfluss über einem wenig durchlässigen Untergrund führt zu Sauerstoffmangel im Boden, welcher die Zersetzung der abgestorbenen Pflanzen hemmt. Das organische Material häuft sich daher in vielen Mooren in Form von Torf an.

Innerhalb der Moore werden verschiedene Typen unterschieden, wobei auf der einen Seite des Spektrums die Flach-, am anderen Ende die Hochmoore anzusiedeln sind. Die Übergangsmoore nehmen eine Stellung zwischen den Hoch- und den Flachmooren ein (BAFU, 2013b).

4.2.1 Hochmoore

Die Hochmoore entstanden in den letzten 5–10'000 Jahren auf nassen Böden und entwickelten eine dicke Torfschicht aus Torfmoosen. Alle rund 550 noch verbleibenden Hochmoore haben nationale Bedeutung und sind heute vollkommen geschützt.

Die Torfschichten der Hochmoore wachsen äusserst langsam in die Höhe. In der Schweiz ist eine Zuwachsrate von etwa 1 mm pro Jahr festzustellen. Hochmoore mit Torfmächtigkeiten von mehreren Metern weisen deshalb ein Alter von einigen tausend Jahren auf. Charakteristisch für die Hochmoore ist, dass ihre Oberfläche infolge des Torfwachstums über den Grundwasserspiegel hinausgestiegen ist.

Die Pflanzen der Hochmoore, welche in der obersten Torfschicht wurzeln, werden allein durch nährstoffarmes Regenwasser gespiesen. Typischer Bestandteil der Vegetation sind die Torfmoose, welche ein grosses Wasserspeichungsvermögen aufweisen und starke Säuren ausscheiden. Daneben gibt es nur wenige Spezialisten unter den Pflanzenarten, welche an diese extrem nährstoffarmen Bedingungen angepasst sind und im Hochmoor ihren einzigen Lebensraum finden ([BAFU, 2013b](#)).

4.2.2 Flachmoore

Flachmoore sind durch Rodungen oder Verlandungen und nachfolgende landwirtschaftliche Nutzung auf nassen Böden entstanden. Die knapp 1200 Flachmoore nationaler Bedeutung stehen heute vollkommen unter Schutz. Unter Flachmoor versteht man jenes Grünland, das wegen seines Überflusses an Grund- und/oder Hangwasser eine auf Feuchtigkeit angewiesene Pflanzendecke aufweist. Unter dem Einfluss der unterschiedlich starken Bodenfeuchtigkeit und der extensiven Bewirtschaftung bilden sich verschiedene Pflanzengemeinschaften: Schilfröhricht, Grosseggenried, Kleinseggenried, Pfeifengraswiese, Sumpfdotterblumenwiese, Hochstaudenried.

Flachmoore werden zusätzlich zum Regenwasser auch durch andere Wasserquellen, z.B. Hangwasser, Grundwasser oder temporäre Überflutungen, beeinflusst. Die Pflanzen der Flachmoore erreichen mit ihren Wurzeln das Grund- oder Hangwasser, welches auch zur Nährstoffversorgung beiträgt. Entsprechend den unterschiedlichen chemischen Eigenschaften des Wassers und den grösseren Schwankungen des Wasserspiegels ist die Vegetation der Flachmoore produktiver und vielfältiger als diejenige der Hochmoore ([BAFU, 2013b](#)).

4.2.3 Moorlandschaften

Eine Moorlandschaft ist eine von Moor-Biotopen geprägte Landschaft. Sie muss schön und naturnah sein und in der Regel Weite, landschaftliche Einheit und Geschlossenheit aufweisen, darf somit keinen willkürlichen Landschaftsausschnitt darstellen.

Moore und moorlandschaftstypische Elemente bilden das Schwergewicht in der Moorlandschaft, doch können auch andere Landschaftselemente, etwa Wald und Gewässer, aber auch landwirtschaftlich intensiv genutztes Grünland oder sogar Siedlungen in einer Moorlandschaft enthalten sein.

Von Bedeutung ist, dass zwischen der moorfreen Umgebung und den Mooren eine enge ökologische, biologische, kulturelle, visuelle oder geschichtliche Beziehung besteht. So muss die

Umgebung z.B. ein moorlandschaftstypisches Besiedlungs- oder Erschliessungsmuster, typische Kulturelemente, charakteristische Landschaftsformen und geomorphologische Elemente oder eine moorlandschaftstypische Nutzung aufweisen. Für manche Moorlandschaften sind Torf- oder Streuhütten charakteristisch, welche von einer früheren Nutzung dieser Landschaft zeugen. Andernorts wiederum prägen Kleinseen die Moorlandschaft, oder aber sie erhält ihr charakteristisches Erscheinungsbild durch einen engen Kontakt mit einer Flussaue. Die 89 Moorlandschaften nationaler Bedeutung sind heute als Ganzes geschützt ([BAFU, 2013a](#)).

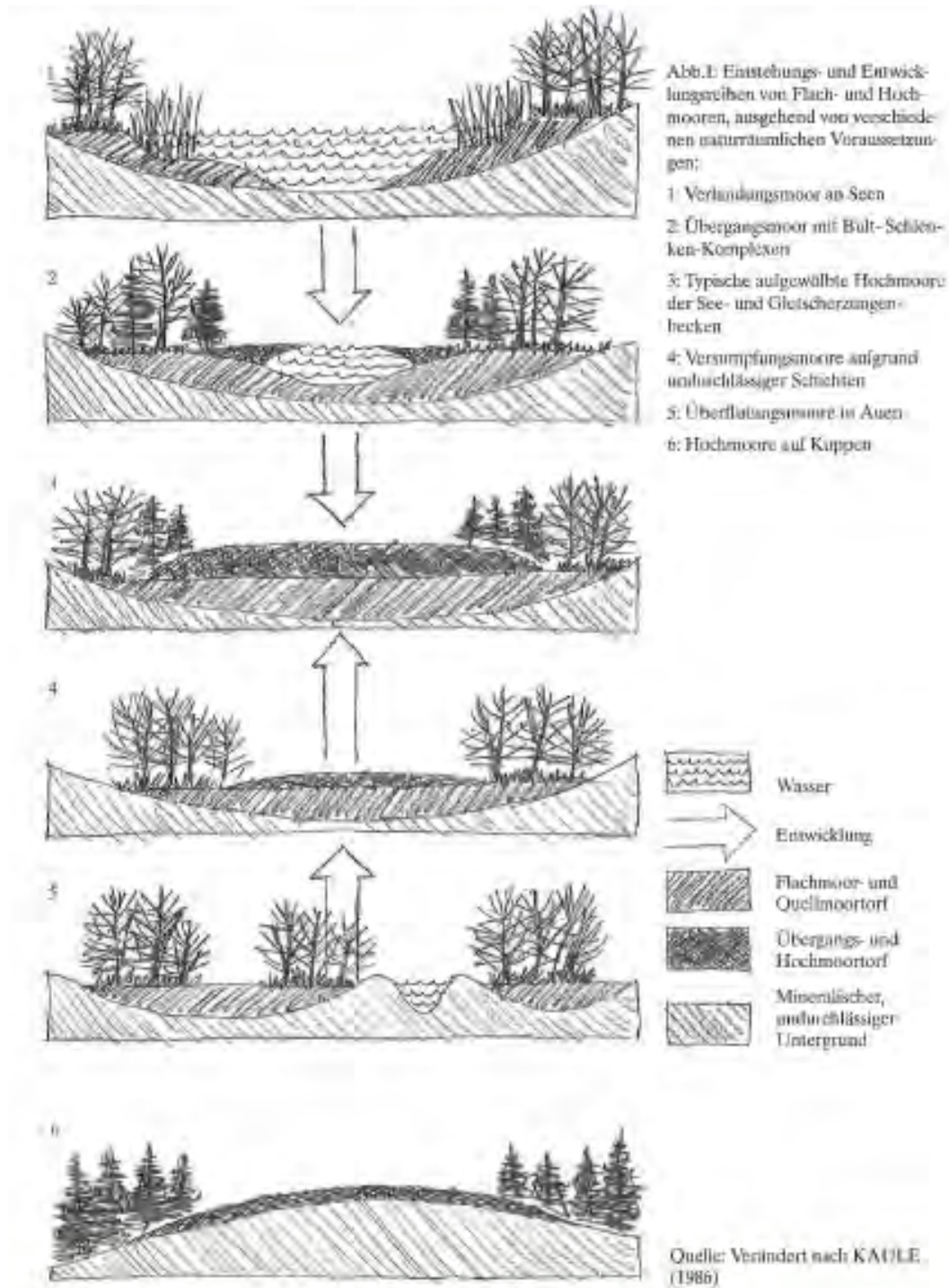


Abb. 4.21: Entstehungs- und Entwicklungsreihen von Flach und Hochmooren. (BAFU, 2013b)

Schutz von Moorlandschaften - Die Rothenthurm-Initiative

In den 80er Jahren beabsichtigte die Armee, mitten in der von Mooren bedeckten Ebene von Rothenthurm, einen Waffenplatz einzurichten. Gegen dieses Projekt und generell gegen die anhaltende Naturzerstörung regte sich in der Bevölkerung Widerstand. Ein Initiativ-Komitee wurde gegründet, Unterschriften gesammelt und 1983 die Initiative zum Schutz der Moore

eingereicht. Mit einer klaren Mehrheit befürwortete das Volk die Rothenthurm-Initiative in der eidgenössischen Abstimmung vom 6. Dezember 1987.

Dadurch fand der „Rothenthurm-Artikel“ (Art. 78 Abs. 5 BV) Eingang in die Bundesverfassung: „Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit und gesamtschweizerischer Bedeutung sind geschützt. Es dürfen darin weder Anlagen gebaut noch Bodenveränderungen irgendwelcher Art vorgenommen werden. Ausgenommen sind Einrichtungen, die der Aufrechterhaltung des Schutzzweckes und der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung dienen.“

Gestützt auf diese neue Rechtsgrundlage und auf das Natur- und Heimatschutzgesetz hat der Bund drei Verordnungen samt Inventaren erlassen: Flachmoor-, Hochmoor- und Moorlandschaftsinventar ([BAFU](#), 2013b).

Box 4.3 — Weitere Infos zu Mooren. bieten das Handbuch Moorschutz für Fachliche Grundlagen unter www.bafu.admin.ch sowie [WYL \(1997\)](#): Moor Landschaften – Ein kulturelles Erbe mit einer kritischen Beleuchtung der Initiative.

Moorlandschaft Alp Anarosa

Die Moorlandschaft Alp Anarosa liegt am linken Talhang des Schams, in einer von Gletschern aus- geschürften Karmulde. Sie ist **eine der höchstgelegenen Alpweide-Moorlandschaften der Schweiz** und die Flachmoore erreichen hier mit 2480 m ü.M. die Obergrenze ihrer Vorkommen in den Alpen. Die Moore bestehen vorwiegend aus **Kalk-Kleinseggenriedern** und konzentrieren sich in zwei Kerngebieten, dem Plan Darmeras im Karboden und dem Nordhang der Mulde.

Die grossen, zusammenhängenden Moorflächen der Plan Darmeras liegen auf einer leicht abfallenden Ebene. Neben Kalk-Kleinseggenriedern kommen hier auch saure Kleinseggenrieder vor. Der Boden des Kars besteht aus **wasserstauenden Gesteinen wie Flysch und Grundmoräne**, welche die Moorbildung fördern. Aus farbenprächtigen, moosreichen Quellfluren entspringen zahlreiche Bäche, welche die Moore mäandrierend durchfliessen. Zwischen den grösseren Mooren liegen da und dort kleinere, oft nur wenige Aren grosse Feuchtbiootope. Am Nordhang des Kars haben sich zahlreiche Bäche in den weichen Untergrund eingetieft. In den so entstandenen Tälchen und einer Vielzahl von Mulden und Terrassen finden sich Moore, Quellfluren und Tümpel. Das Mosaik von Feuchtstandorten und trockenen Alpweiden ist im fein coupierten Gelände auffallend kleinräumig.

Die Reliefformen sind vielfältig und schön ausgebildet. Die Gletscher haben unterhalb des Bruschghorns eine **mächtige Grundmoräne** abgelagert, die zum Teil nachträglich von Bächen wieder zerschnitten und zu einem Muster von parallelen Rinnen und Rücken geformt wurde; bei Spei und Nurdagn hat das Eis hohe Seitenmoränen zurückgelassen. Die Schutthalden unterhalb von Gelb- und Bruschghorn tragen zum wilden Aspekt der Alp Anarosa bei. Zuhinterst in dem Plan Darmeras ist eine Schwemmebene entstanden, in deren Schotterschichten sich die Bäche wieder eingetieft und Terrassen geschaffen haben. Darauf findet sich eine Vegetation unterschiedlicher Stadien, von Pioniergesellschaften auf frischen Kiesflächen bis zu alpinen Rasen. Die Formenserie von den Karwänden über die Grundmoränenhügel zur Schwemmebene stellt eine

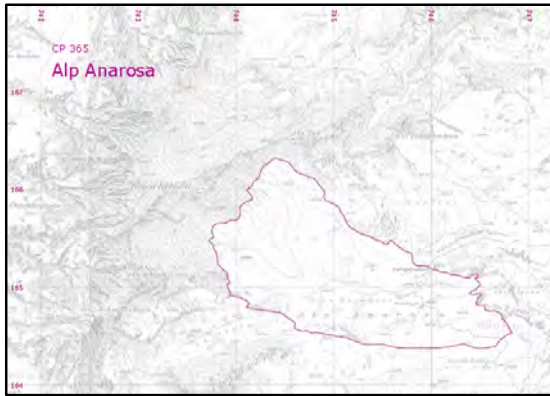


Abb. 4.23: Karte der Objektbeschreibung ML 365 Alp Anarosa, Gemeinde/Kanton: Casti-Wergenstein/GR, Fläche: 307 ha (BAFU, 2013b).

Besonderheit der Moorlandschaft dar. Unter den heutigen Klimabedingungen des Hochgebirges, insbesondere durch Prozesse von wiederholtem Gefrieren und Auftauen des Bodens, bilden sich u.a. Rasenhügel (Abb. 4.22).



Abb. 4.22: Rasenhügel auf der Alp Anarosa, fotografiert am 26.08.2013.

Die Alp wird mit Ausnahme der steilsten Hänge überall beweidet; bei Nurdagn liegen in traditioneller Weise erbaute Alpgebäude. Alp Anarosa ist eine beeindruckende Hochgebirgs-Moorlandschaft mit einer prächtigen Kulisse von Bergketten aus unterschiedlichen Gesteinen wie Kalk, Dolomit und Schiefer, die farblich miteinander kontrastieren. (BAFU, 2013b)

Beschreibung Flachmoor Alp Anarosa:

Gemeinde/Kanton: Casti-Wergenstein/GR

Gesamtfläche: 7.48 ha

Zusammensetzung: Kalk-Kleinseggenried, Saures Kleinseggenried

Umgebung: Extensivkulturland, Heide, Gewässer, Quellfluren



Abb. 4.24: Detailaufnahme vom Hochmoor Caritsch am 27.08.2013 (Foto: Elias Willimann).

Hochmoor Caritsch

Das Hochmoor Caritsch wurde anfänglich bei der Kartierung der Hochmoore vergessen und erst nachträglich erfasst, nachdem es von Herrn Joseph Hartmann (Amt für Natur und Umwelt Graubünden) zufällig entdeckt worden war (Quelle: Gespräch J. Hartmann am 27.08.2013). Es wird im nationalen Hochmoorinventar mit den folgenden Eigenschaften beschrieben:

Gemeinde/Kanton: Andeer/GR
 Lokalität: Caritsch
 Koordinaten (LK): 749220 / 161940 (1235)

Flächen (Hochmoor, Umfeld, Total): 0.5 ha, 1.1 ha, 1.6 ha

Das Hochmoorumfeld wird in regelmässigen Abständen gemäht, um der Verbuschung vorzubeugen. In der Vergangenheit wurde die Moorfläche durch Nährstoffeinträge der darüber liegenden landwirtschaftlichen Flächen beeinflusst (Quelle: Gespräch J. Hartmann am 27.08.2013).

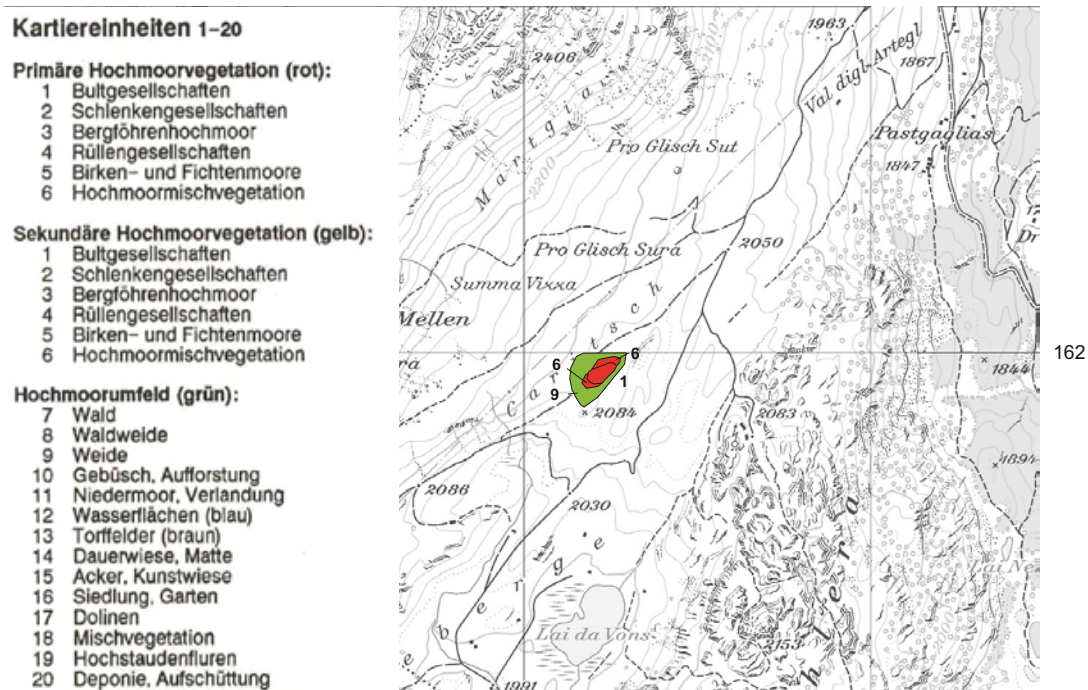


Abb. 4.25: Karte der Objektbeschreibung Hochmoor Caritsch (Nr.: 480) (BAFU, 2013b).



Abb. 4.26: Halt im Hochmoor Caritsch. Links: Veränderung der Vegetation durch Nährstoffeinträge; Rechts: Gespräch mit dem Moorexperten Herrn Joseph Hartmann.

Durch den Experten wurden wir auf verschiedene Hochmoorpflanzen aufmerksam gemacht. Untenstehend werden das scheidige Wollgras und das Torfmoos beschrieben, welche beide im Hochmoor Caritsch anzutreffen sind.

Scheidiges Wollgras (*Eriophorum vaginatum* L.)

Beschreibung: Stängel 20–50 (–70) cm hoch, oben 3-kantig. Blätter borstenförmig. Oberste Blattscheide ohne Spreite, deutlich aufgeblasen. Ähren einzeln, endständig, aufrecht, eiförmig, von Tragblättern umhüllt, deren Farbe von unten nach oben allmählich von schwarz in silberweiss übergeht. Die Perigonborsten werden nach der Blüte zu langen Fäden und bilden einen **weisswolligen Schopf**, Frucht gelbbraun, 2–3 mm lang.

Standort: **Torfmoore**

Verbreitung: (kollin-)montan-subalpin(-alpin)

Ökologie: typische Zeigerpflanze für Hochmoore ([LAUBER ET AL., 2012](#))



Abb. 4.27: Links und Mitte: Scheidiges Wollgras; Rechts: Torfmoos (Bildquelle: [LAUBER ET AL. \(2012\)](#))

Torfmoos (*Sphagnum* L.)

- Beschreibung:** Gattung der Laubmoose, Blätter besitzen keine Rippen, meist schraubige Blattstellung, bestehen aus chlorophyllhaltigen lebenden Chlorocyten und leere tote Hyalocyten; Seitenzweige in Büscheln an jedem vierten Stammblatt und stehen zu zwei bis sieben; Stämmchenrinde aus toten perforierten Zellen, die Wasser durch Kapillareffekte aufsaugen.
- Standort:** nährstoffarme, saure Habitats, überwiegend Moore und Feuchtheiden
- Ökologie:** Fortpflanzung nur in Symbiose mit spezifischer Mykorrhiza möglich. Sie geben Wasserstoffionen an die Umgebung ab, womit sie sich selbst ein saures Milieu schaffen, das die Konkurrenz im Wuchs behindert.
- Besonderes:** Durch ihren Aufbau können Torfmoose grosse Wassermengen aufnehmen. Torfmoose können praktisch unbegrenzt wachsen. Während sich die Pflanze nach oben hin entwickelt, stirbt die Basis wegen Luftabschluss ab; aus dem sich unvollständig zersetzenden Gewebe entsteht Torf ([LAUBER ET AL., 2012](#)).

4.3 Fauna

4.3.1 Säugetiere und gleichwarme Tiere

Typische Säugetiere und gleichwarme Tiere in höhere Lagen sind Gemsen, Alpensteinböcke, Murmeltiere, Schneemäuse, Alpenschneehühner und weitere Vogelarten. Sie haben verschiedene



Abb. 4.28: Murmeltier entlang des Weges zur Alp Anarosa (Foto: Elias Willimann).

Mechanismen zur Anpassung an die extremen Bedingungen der Höhe entwickelt:

- Viele Säugetiere halten Winterschlaf als Überwinterungsstrategie und schützen sich vor dem Erfrieren mit dem gerinnungshemmenden Enzym Heparin (VEIT, 2002).
- Schneehasen sind die kleinsten auf Schnee überwinternden Säugetiere. Im Vergleich zu anderen Hasen sind Schneehasen jedoch gross. Damit können sie gemäss der Bergmann'schen Regel Wärmeverluste verkleinern, da die Körperoberfläche im Vergleich zum Körpervolumen abnimmt (NENTWIG ET AL., 2009).
- Die Schneemaus ist bis 4000 m.ü.M. anzutreffen. Sie ist im Vergleich zu anderen Mäusen relativ gross und besitzt lange Extremitäten. Riskant sind Schlechtwettereinbrüche im Sommer, da sie bei Durchnässung und Unterkühlung an Infektionskrankheiten stirbt.
- Schneehühner wandern im Sommer mit der Schneeschmelze in die Höhe (VEIT, 2002).
- Gämsen steigen im Winter bis zum Bergwald ab. Ihre hohlen Haare verlangsamen aufgrund der eingeschlossenen Luft den Wärmeaustausch und isolieren so stark, dass nicht einmal Eiskristalle auf dem Fell schmelzen (VEIT, 2002).
- Der Steinbock wandert im Winter in die Höhe, weil sich in den steilen Hängen der Hochlagen keine dicken Schneedecken aufbauen. Zudem enthalten Pflanzen in dieser Höhe weniger Zellulosefasern. Sie sind sehr nahrhaft dank einem grösseren Eiweiss- und Mineralstoffanteil (VEIT, 2002).

4.3.2 Wechselwarme Tiere

Zu den wechselwarmen (*poikilothermen*) Tieren gehören Amphibien und Reptilien, da sie keine konstante Körpertemperatur aufrechterhalten können (NENTWIG ET AL., 2009). Ihre Körpertemperatur ist direkt von der Umgebungstemperatur abhängig. Wechselwarme Tiere haben verschiedene Strategien zur Anpassung an die Kälte der Höhe entwickelt:

- Kältestarre zur Überbrückung der Wintermonate.
- Eierlegende Schlangen und Eidechsen halten sich nur in Tallagen auf, da die Zeit des



Abb. 4.29: Bergmolch (links) und Babygrasfrosch (rechts) beim Lago Caldera.

Alpensommers für die Entwicklung der Eier im Boden nicht ausreicht. Lebendgebärende Reptilien, wie beispielsweise die Bergeidechse, die Kreuzotter oder die Glattnatter können jedoch bis auf 3000 m ü.M. vorkommen (VEIT, 2002).

- Der Alpensalamander kommt bis in eine Höhe von 2800 m ü.M. vor. Er ist nicht wie die meisten Lurche auf genügend warmes Wasser für die Entwicklung des Laiches angewiesen, da die ganze Entwicklung der Embryonen im Mutterleib stattfindet.
- Die Larven von Erdkröten, Grasfröschen und Bergmolchen, die ebenfalls in diesen Höhen leben können, halten sich in den wärmsten, seichten Uferbereichen der Laichgewässer auf (VEIT, 2002).

4.3.3 Insekten und Gliederfüssler

Im Reich der Insekten und Gliederfüssler gibt es verschiedene Anpassungen an die extremen Bedingungen in den Alpen:

- Dunklere Färbung zur Erhöhung der Körpertemperatur, für die Beschleunigung der Entwicklung und zum Schutz vor UV-Strahlung,
- Nutzung parabolisch gebauter Blüten, um in deren Brennpunkt den Körper aufzuheizen,
- Produktion von Frostschutzsubstanzen,
- Fähigkeit bei ungünstigen klimatischen Bedingungen den Schlüpftermin um ein Jahr zu verschieben,
- Verkürzung der Entwicklung auf eine Saison,
- Reduktion der Anzahl Larvenstadien,
- Sonnenbaden (VEIT, 2002).

4.4 Biodiversität und Höhe

Biodiversität bezeichnet hier die Diversität der genetischen Vielfalt innerhalb einer Art, die Vielfalt zwischen den Arten und die Vielfalt der Lebensgemeinschaften. Die Alpen bilden ein



Abb. 4.30: Heuschrecken beim Sonnenbaden, aufgenommen entlang der Exkursionroute (Foto: Elias Willimann).

kleinräumiges Mosaik aus verschiedenen Biotopen. Bedingt durch ihre vertikale Ausdehnung besitzt die Grossregion der Alpen eine sehr reichhaltige Pflanzenwelt:

- 40 % der Flora, 70 % der Moosarten Europas kommen im Grossraum der Alpenregion vor;
- die montanen und alpinen Höhenstufen sind reich an Endemiten, da sie viele kleinräumige und isolierte Habitate aufweisen;
- die Kalkalpen sind artenreicher als die kristallinen Alpen, da viele Arten bei Kalkmangel nicht gedeihen können;
- die waldbedeckte montane Stufe ist relativ artenarm, während die aufgelichtete Waldgrenze sehr artenreich ist;
- die Artenvielfalt nimmt mit der Höhe ab: Oberhalb 3000 m ü.M. hat es im gesamten Alpenraum ca. 300 Arten (VEIT, 2002).

Box 4.4 — Endemismus. Als Endemiten werden in der Biologie Pflanzen oder Tiere bezeichnet, die nur in einer bestimmten, räumlich klar abgegrenzten Umgebung vorkommen. Diese sind in diesem Gebiet endemisch. Es handelt sich entweder um Reliktendemiten aus einem ehemals grösseren Verbreitungsgebiet oder um Neoendemiten, die sich durch Isolation gebildet haben (VEIT, 2002).

Böden in alpiner Region

Höhenbedingte Veränderungen
Typische Bodentypen in den Alpen

Bodenkarten in Graubünden

Bodenkarte von Thusis
Bodenhinweiskarte Thusis-Splügen mit
Erläuterungen

Landnutzungseinflüsse auf die Vegetation

Auswirkungen der Landwirtschaft auf
Wiesen und Weiden
Kastanienselven
Niederwald



5 — Böden und Landnutzung

5.1 Böden in alpiner Region

Die Böden in der alpinen Region weisen eine **komplexe, kleinräumige Vielfalt** auf und unterscheiden sich bezüglich einiger Merkmale von den ausseralpinen Gebieten. Dafür verantwortlich sind vor allem die sich mit zunehmender Höhe ändernden, **bodenbildenden Faktoren**. Ablagerungen (Deckschichten) wie Moränen, Hangschutt, Lawinschutt, Schwemmfächer, periglaziale Sedimente, äolische Sedimente, Rutschungen, etc. verschiedenen Alters überdecken vielerorts das anstehende Gestein und ermöglichen so auf kleinstem Raum ein Mosaik von Böden mit **unterschiedlichen Entwicklungsstadien**. In vielen Teilen der Alpen sind die Böden von Deckschichten überlagert, welche dadurch für die Bodengenese und die Standorteigenschaften eine wichtige Rolle spielen. Je nach Materialherkunft können sie die chemisch-mineralogischen Eigenschaften, sowie Korngrössenzusammensetzung und Wasserdurchlässigkeit beeinflussen. Neben dieser horizontalen Diversität zeichnen sich die Böden in den Alpen auch durch eine höhenbedingte Abfolge aus ([SCHEFFER ET AL., 2010](#)).

Bodenbildende Faktoren sind:

- Klima,
- Gestein,
- Relief,
- Bodenwasser,
- Tiere,
- Pflanzen,
- Mensch,
- Zeit.

⁰Kapitel verfasst von: Sebastian Wolfinger, Sandra Olivia Brügger, Perrine Huber und Lorenz Schwab.

5.1.1 Höhenbedingte Veränderungen

Der **Bodenbildungsprozess** kann sich wegen **abnehmender Temperaturen** verlangsamen. Durch den **steigenden Niederschlag** mit der Höhe und die abnehmende Evapotranspiration, kann die Bodenbildung bis zur Waldgrenze durch Verwitterung mit der Höhe zunehmen. Die Intensität der **chemischen Verwitterung** nimmt ab. Dies zeigt sich in der Mächtigkeit der Böden und in der Wasserchemie der Einzugsgebiete. Bedingt wird die Verlangsamung im Wesentlichen durch die Temperaturabnahme. Der pedogen bedingte **Tongehalt** nimmt in Folge der geringeren chemischen Verwitterung ab. Die **Kationenaustauschkapazität (KAK)** hängt deshalb stärker vom Anteil und der Qualität der organischen Substanz ab. Die KAK ist ein Mass für die austauschbaren Kationen, welche innerhalb des Bodens verschoben, in benachbarte Ökosysteme verlagert oder von Pflanzenwurzeln aufgenommen werden können. Sie betreffen damit unmittelbar die Nährstoffversorgung der Pflanzen und den Stoffhaushalt von Landschaften und somit auch die biologische Aktivität ([SCHEFFER ET AL., 2010](#)).

Durch die reduzierte Aktivität der Bodenorganismen, die niedrigeren Jahresdurchschnittstemperaturen und die kürzere Vegetationszeit, nimmt der Abbau der Phytomasse ab und es bilden sich teils mächtige Humus-Auflageschichten. Dadurch nehmen die **Humusgehalte** mit der Höhe oft zu, solange noch eine ausreichende Vegetationsbedeckung vorhanden ist. Die **pH-Werte** nehmen ab. Dies wird durch den Wechsel von Laub zu Nadelwäldern verstärkt. Äolische Einträge können vor allem oberhalb der Waldgrenze der Versauerung entgegenwirken. Damit gekoppelt nimmt auch die Nährstoffausstattung der Böden ab (z.B. Ca, Mg, K).

Die **physikalische Verwitterung** (z.B. Frostverwitterung oder Insulationsverwitterung) nimmt mit der Höhe zu. Die Frostwechselhäufigkeit hat ihr Maximum in mittleren Höhenlagen, sie ist auf gleicher Höhe über Meer bei Südexposition grösser als bei Nordexposition. Die durchschnittlichen **Bodentemperaturen** nehmen weniger stark ab als die Lufttemperaturen. Dazu trägt hauptsächlich die winterliche Schneedecke bei. Dies hat auf den Pflanzenwuchs einen grossen Einfluss: z.B. Durchwurzelungstiefe, Niedrigwuchs.

Diese höhenbedingten Änderungen sind nur selten deutlich erkennbar, da die meisten bodenbildenden Faktoren kleinräumig stark variieren. Es kann vielmehr von einem höhenbedingten Trend gesprochen werden. Zudem kommt es auch vertikal zu einer kleinräumigen Differenzierung ([SCHEFFER ET AL., 2010](#)).

Ein wichtiger Treiber dafür ist die Kamm- beziehungsweise Tallage. Kammlagen weisen einen tieferen pH-Wert auf als Tallagen (Versauerung). Dadurch herrschen dort auch ungünstigere Lebensbedingungen für Mikroorganismen. Gründe sind Wasserbewegung von Kamm zu Tal und damit verbundene Auswaschung von Nährelementen und Basen. Zudem sind Kammlagen stärker exponiert (Wind), was zu geringerem Pflanzenwuchs führt. Die oberirdische Biomasseproduktion wird zu unterirdischer verlagert, dadurch entstehen mächtigere organische Auflagen ([WILCKE, 2012](#)).

Durch Rodungen, Land- und Forstwirtschaft, Wegebau, Anlage von Skipisten etc. unterliegen die Böden im alpinen Raum seit einigen Jahrtausenden dem Einfluss der Menschen ([VEIT, 2002](#)).

5.1.2 Typische Bodentypen in den Alpen

Da zu Beginn der Entwicklung das Ausgangsgestein der massgebende Faktor ist, werden die Böden oft grob nach karbonatischem und silikatischem Ausgangsgestein gegliedert (VEIT, 2002).

Höhenstufe	Kalk-Alpen	Silikat-Alpen
nival	Rohböden (Frostschutt)	Rohböden (Frostschutt)
subnival	Rohböden (Frostschutt) inselhaft Polsterrendzinen	Rohböden (Frostschutt) inselhaft alpine Ranker, Braunerden
alpin	Pararendzinen Rasenbraunerden Tangelrendzinen Pechrendzinen	alpine Ranker, Regosole, alpine Pseudogleye, alpine Pararendzinen und Podsole aus silikatischem Flugstaub, Nanopodsole
subalpin	dystrophe Tangelrendzinen Pararendzinen, Rasenbraunerden	Humus- und Eisenpodsole Braunpodsole, Braunerden
montan	(Mull-, Moder-) Rendzinen, Terra fusca, Braunerden, schwarzerdeartige Böden in inneralpinen Trockentälern	Braunerden podsolige Braunerden Podsole
collin	(Mull-, Moder-) Rendzina, Terra fusca, Pararendzinen, schwarzerdeartige Böden in inneralpinen Trockentälern	Braunerden Parabraunerden

Abb. 5.1: Höhenstufen der Böden in den Kalk- und Silikatalpen (VEIT, 2002)

In den folgenden Abschnitten werden typische Böden der Alpen beschrieben.

Felshumusböden

Felshumusböden weisen O-C Profile auf (Ausgangsgestein mit Humuspolstern) und haben keinen Mineralboden. Pionierpflanzen können Flechten sein, deren Rückstände schließlich den Wurzelraum für höhere Pflanzen bilden. Die Humusaufgaben können mehrere dm mächtig sein. Es handelt sich um eine junge Bodenentwicklung von 30 bis 50 Jahren (SCHEFFER ET AL., 2010).

Ranker

Ranker entstehen aus festem, silikatischem Ausgangsgestein (Granit, Gneis, Basalt). Sie weisen eine A-C Horizontabfolge auf und haben nur eine begrenzte Durchwurzelbarkeit. Sie entwickeln sich vor allem an Hangpositionen, wo sich nur sehr geringe Frostschuttdecken gehalten haben oder Erosion einer Weiterentwicklung entgegenwirkt (SCHEFFER ET AL., 2010).

Regosole

Regosole entstehen aus silikatischem Lockermaterial (z.B. kalkfreie Moränen) und weisen eine A-C Horizontabfolge auf. Sie sind tiefgründig und besitzen oft einen humusarmen Oberboden. Bei hohem Sandgehalt weisen sie besonders niedrige Wasser- und Austauschkapazitäten auf und

bedürfen deshalb ständiger organischer Düngung und in Trockengebieten künstlicher Beregnung für die landwirtschaftliche Nutzung ([SCHEFFER ET AL., 2010](#)).

Rendzinen

Rendzinen entstehen auf Kalkgestein und weisen ebenfalls eine A-C Horizontabfolge auf. Der pH-Wert wird durch den Karbonatpuffer um 7 stabilisiert. Dies resultiert in einer höheren biologischen Aktivität, da die Bedingungen für Mikroorganismen gut sind. Dadurch weisen sie eine höhere Fruchtbarkeit und mehr organische Substanz auf als Ranker und Regosole. Ein Problem bei Rendzinen kann die Versorgung mit Phosphor darstellen, da diese bei einem pH zwischen 5.5 - 6 optimal ist ([SCHEFFER ET AL., 2010](#)).

Pararendzinen

Das Ausgangsgestein ist bei Pararendzinen eine Mischung aus Kalk- und Silikatgestein. Sie unterscheiden sich von den Rendzinen in der Regel durch höhere Sand- und Schluffgehalte. Unter Wald gehen sie nach Entkalkung bald in Braunerden oder Parabraunerden über. Sie weisen die beste Fruchtbarkeit und Nutzbarkeit der genannten Typen auf. Der pH-Wert liegt zwischen 5.5–6, weshalb die Pflanzen optimal mit Phosphor versorgt werden ([SCHEFFER ET AL., 2010](#)).

5.2 Bodenkarten in Graubünden

5.2.1 Bodenkarte von Thusis

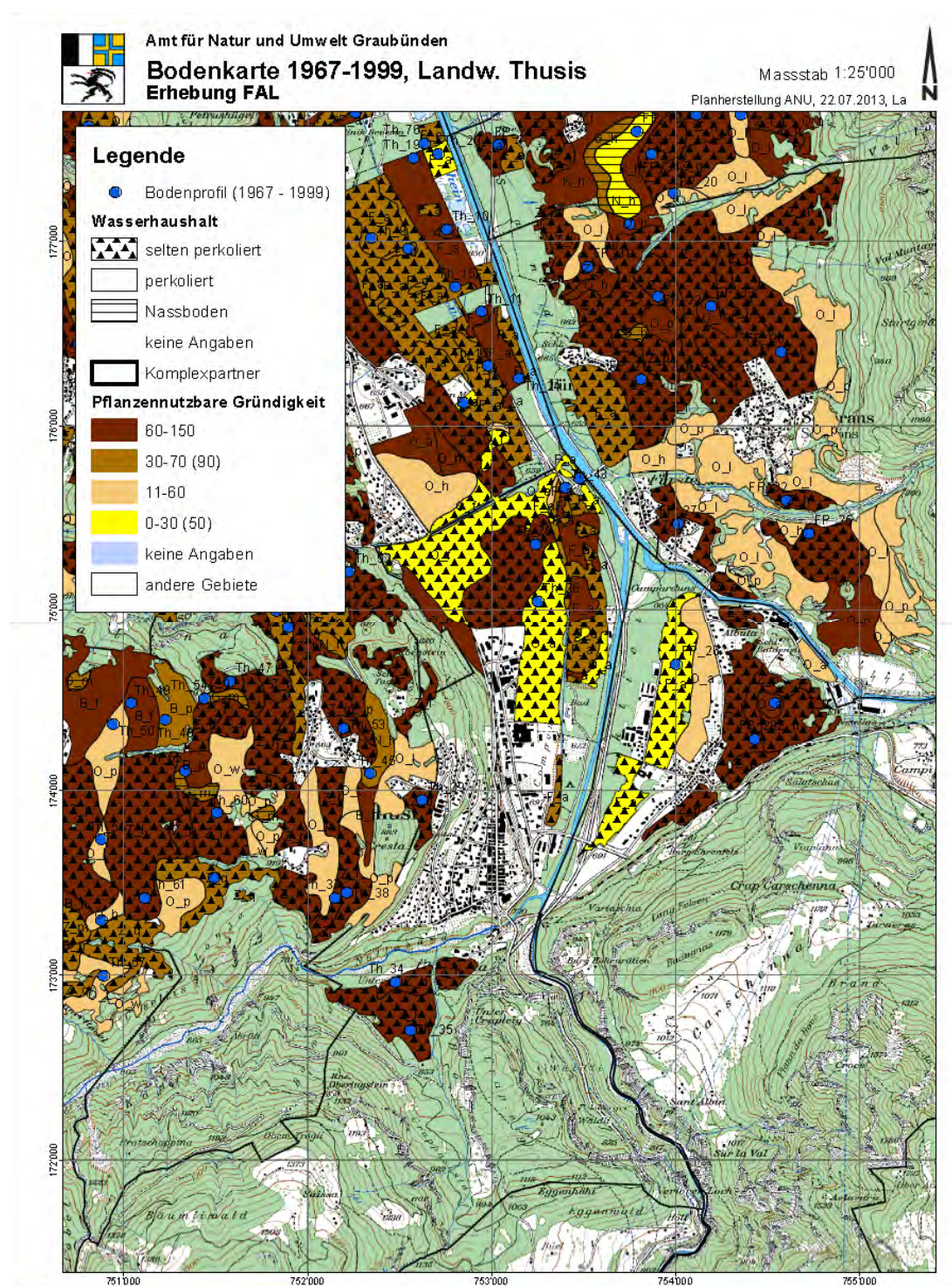


Abb. 5.2: Bodenkarte von Thusis.

5.2.2 Bodenhinweiskarte Thusis-Splügen mit Erläuterungen

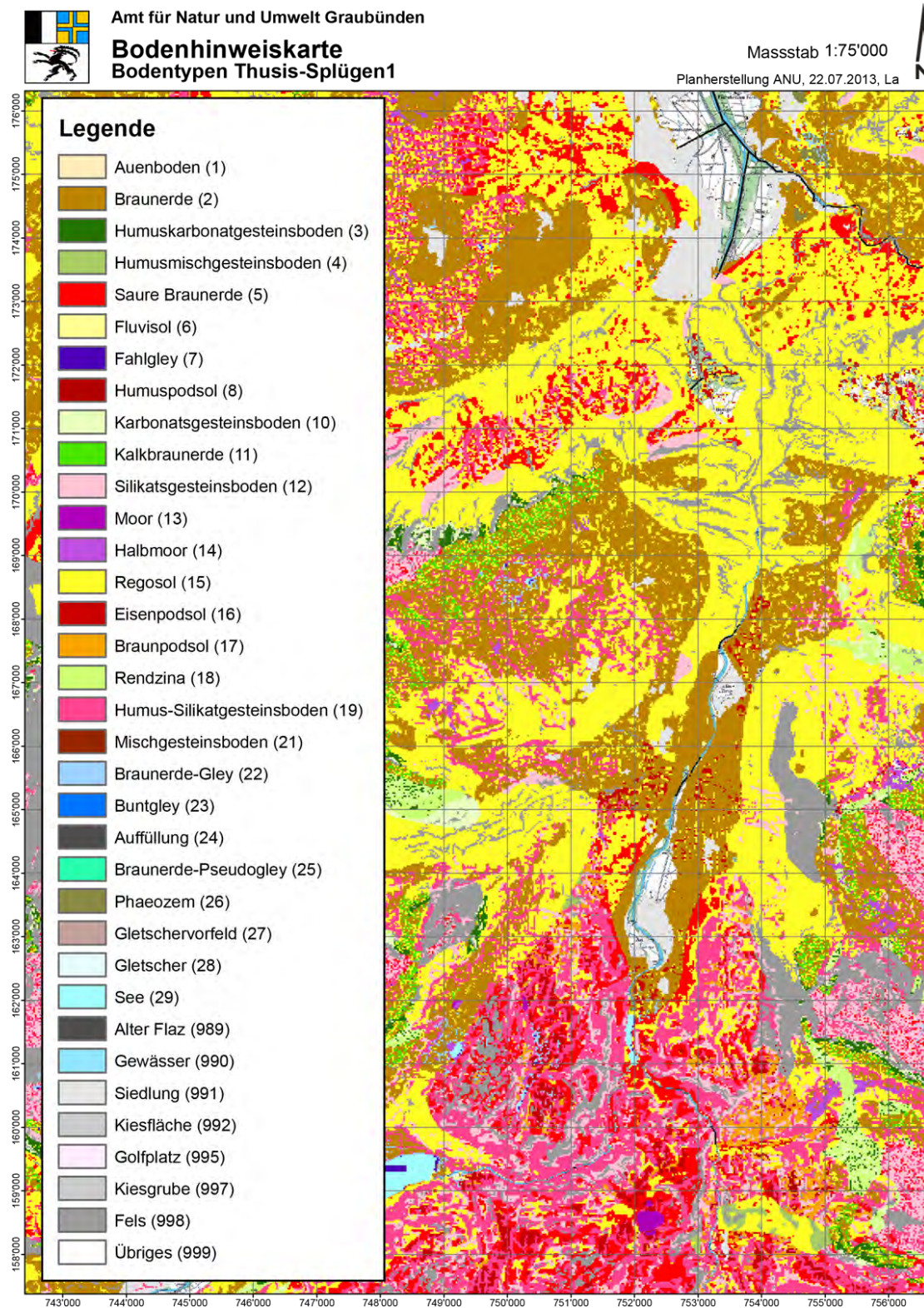


Abb. 5.3: Bodenhinweiskarte Thusis-Splügen 1.

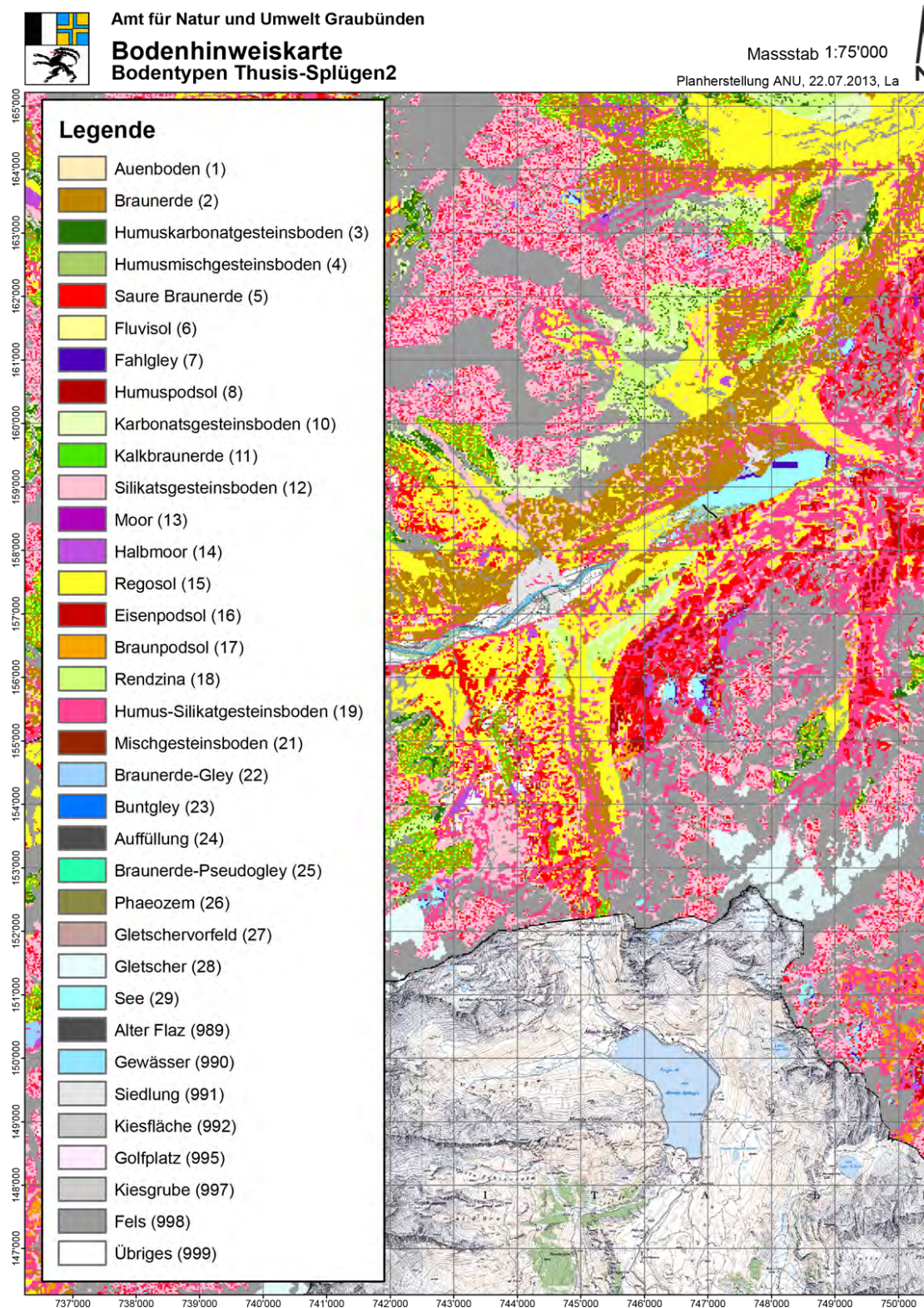


Abb. 5.4: Bodenhinweiskarte Thuis-Splügen 2.

Diskussion über die modellierte Bodenhinweiskarte

Folgende Aspekte wurden in kleinen Gruppen diskutiert und anschliessend im Plenum zusammengetragen:

- Mögliche Verwendungszwecke einer modellierten Bodenhinweiskarte?
 - Grobe Übersicht
 - Grosse Kantonsfläche (Graubünden), Flächige Kartierung
 - Kosten geringer als bei Bodenkarte
- Möglichkeiten (+) und Grenzen (-) der Bodenhinweiskarte?
 - Möglichkeiten der Anwendung beschränkt (-)
 - Viele Einschränkungen werden bereits im dazugehörigen Merkblatt aufgeführt (-)
 - Weitere Abklärungen sind nötig (eignet sich nicht als Entscheidungsgrundlage) (-)
 - differenzierte Angabe ist auf Grund der fehlenden Genauigkeit der Angaben wenig sinnvoll (Anzahl Bodentypen) (-)
 - Ergänzung mit weiteren Angaben einfach und unkompliziert (+)
 - Modell wird laufend verbessert (+)
- Vergleich Bodenkarte & modellierte Bodenhinweiskarte
 - Die modellierte Bodenhinweiskarte hat im Vergleich zur Bodenkarte viel mehr Kategorien/Bodentypen.
 - Im Hinblick auf die Verwendung der Bodenhinweiskarte als grobe erste Übersicht wären weniger differenzierte Angaben wohl hilfreicher.
 - Sehr feine Auflösung, kleine Pixel bei der Bodenhinweiskarte - Wenig sinnvoll
 - Bodenkarte ist auf landwirtschaftliche Verwendung ausgerichtet, Bodenhinweiskarte ist eine allgemeine Bodentypenkategorisierung

Fazit

Bodenkarten sind wichtig als Grundlage für weitere Analysen, wie z.B. in der Hydrologie. Durch die ungenaue Erhebung von grundlegenden Daten oder ungenauen Angaben, wie in der Bodenhinweiskarte, können sich so Fehler bzw. Ungenauigkeiten weiter fortpflanzen. Dies ist jedoch nicht spezifisch ein Problem des Kantons Graubünden, sondern der ganzen Schweiz.

5.3 Landnutzungseinflüsse auf die Vegetation

5.3.1 Auswirkungen der Landwirtschaft auf Wiesen und Weiden

Die Auswirkungen landwirtschaftlicher Nutzung auf die Artenvielfalt sind sehr unterschiedlich und von vielen Faktoren abhängig:

- Die landwirtschaftliche Nutzung unterhalb der Waldgrenze erhöht die landschaftliche Diversität.
- Bei Düngung werden düngerliebende Arten gefördert, andere wie z.B. der Koch'sche Enzian sind niedrigwüchsig und lichtbedürftig und werden verdrängt: Es entstehen typische Fettwiesen für Leistungsnutztiere.
- Eine Überdüngung führt zu extrem artenarmen Beständen mit grossblättriger Lägerflora, meist aus Wiesenkerbel, Alpenampfer oder Brennesseln.

- Durch die anthropogene Nutzung der subalpinen und alpinen Stufe entstehen floristisch eintönige Bürstlingsrasen. Diese werden von Tieren nicht gerne gefressen und sind darum auf sauren Böden den anderen Gräsern überlegen ([VEIT, 2002](#)).

5.3.2 Kastanienselven

Selve bezeichnet eine Hochstammobstanlage aus veredelten Kastanien. Die Fläche wird doppelt genutzt als Weide- und Mähwiese und für den Anbau von Kastanien. Voraussetzung für die doppelte Nutzung ist ein lichter Baumbestand und intensive Pflege der Selve.

Zur Pflege der Selve gehören folgende Massnahmen:

- Kranke und oder abgestorbene Äste werden herausgeschnitten, um den Kastanien neue Vitalität zu verleihen,
- der Formschnitt sorgt für eine ausgewogene Krone und bringt möglichst viele Äste ans Licht,
- der Ertragsschnitt stimuliert junge Fruchtriebe, um höhere Erträge zu erzielen,
- jedes Jahr wird der Boden vom Kastanienlaub befreit, um eine Übersäuerung zu verhindern,
- gesunde Grasnarben müssen durch Mähen oder Beweiden erhalten werden, um das Wiederaufkommen des Waldes zu verhindern.

Früher waren Kastanienselven für die Ernährung der Bevölkerung sehr wichtig. Das Ende der traditionellen Landwirtschaft führte zum Verlust der Bedeutung von Selven und damit zu deren Verwaldung. Kastanienhaine der Alpensüdseite bilden einen spezifischen Lebensraum: In gepflegten Selven ist die Biodiversität um den Faktor 1.5 höher als in ungepflegten Selven ([WEBER, 2013](#)).

5.3.3 Niederwald

Bei der Niederwaldbewirtschaftung werden in regelmässigen Abständen die Kastanienbäume auf den Stock gesetzt. Aus den Stöcken der Kastanien schlagen kranzförmig Triebe aus, welche sehr gerade wachsen. Früher wurden diese als Stangenholz für den Bau oder den Rebbau oder als Brennholz genutzt.

Wird Niederwald sich selbst überlassen, werden die Stockausschläge zu gross und zu schwer für das Wurzelwerk. Die Kastanien brechen dann aufgrund des Astgewichts auseinander ([WEBER, 2013](#)).



Abb. 5.5: Aufgegebene Niederwaldkastanienselve oberhalb von Chiavenna

Einleitung

Makroklima des Exkursionsgebiets

- Temperaturen
- Niederschlag
- Klimaentwicklung
- Klima entlang des Exkursionstranseks

Energiebilanz

- Energiebilanz der Erde
- Energiebilanz im Gelände

Berg-Tal-Wind-System

- Modell zur Hangerwärmung
- Spezialfall Malojawind

Föhn

- Adiabatische Prozesse
- Hydrostatische Eigenschaften
- Typische Föhnwetterlagen

6 — Wetter und Klima

6.1 Einleitung

Im folgenden Teil dieses Exkursionsskriptes sollen klimatologische und meteorologische Aspekte aufgezeigt werden. Dabei sollen sowohl das Makroklima als auch sehr lokale Klimaphänomene dargestellt werden. Im ersten Teil wird das Makroklima des Exkursionsgebietes behandelt. Der zweite Teil thematisiert die Energiebilanz der Erde. Darauffolgend wird ein Gebirgsmeteorologisches Zirkulationssystem, das Berg-Tal-Wind-System aufgegriffen und auf einen Sonderfall dessen eingegangen. Als letzter Teil des Kapitels Wetter und Klima wird genauer auf das Phänomen des Föhns eingegangen.

Nach [WHITEMAN \(2000\)](#) wird das Klima an einem bestimmten Ort durch vier Hauptfaktoren geprägt:

1. **Breitengrad:** die Position nördlich und südlich des Äquators beeinflusst die Sonnenscheindauer und den Einfallswinkel der Sonnenstrahlung und somit auch das Energiebudget an einem bestimmten Ort.
2. **Höhe über Meer:** Wichtige Klimaparameter (wie die Lufttemperatur, der atmosphärische Feuchtegehalt, die Luftdichte, etc.) variieren mit zunehmender Höhe. Bis zu einer Höhe von ca. 11 km über Meer nimmt die Lufttemperatur im Schnitt um 6.5 °C / km ab. Das als Folge davon, dass durch die kleinere Dichte der Atmosphäre und dem Fehlen von Oberflächen zur Energieabsorption (Bsp. Berghang) in höheren Lagen, weniger Energie von der einfallenden Sonnenstrahlung absorbiert wird.
3. **Kontinentalität:** Je zentraler ein Ort auf einem Kontinent liegt, desto stärker unterliegt er diurnalen und saisonalen Temperaturänderungen (da der Effekt der Temperatur-Dämpfung durch energiespeichernde Wasserkörper, wie ein Ozean, ausbleibt). Zudem herrschen im inneren des Kontinents vermehrt trockene Bedingungen, da die Luftmassen bereits an den windzugeneigten Küstenbergzügen (Luv) ausgerechnet werden. Deshalb werden weniger

⁰Kapitel verfasst von: Matthias Andreas Jochner, Tobias Schneider und Fabian Umbricht.

Wolken gebildet, was wiederum mehr direkte Sonneneinstrahlung bedeutet.

4. **Exposition zu regionalen Zirkulationen:** Grosse Hoch- und Tiefdruckgebiete (wie das Islandtief [dreht gegen Uhrzeigersinn], oder das Azorenhoch [dreht im Uhrzeigersinn]) und Ozeanströmungen (z.B der Conveyor belt, respektive der Golfstrom im Atlantik, oder der Japanstrom im Pazifik) beeinflussen einen Ort zusätzlich.

Ein weiterer wichtiger Punkt dieses Thema ist das Wetter während der Exkursion. Das Ziel ist es, jeden Abend eine kurze Wetterbesprechung durchzuführen und eine Prognose für die nächsten Tage zu erstellen. Dabei sollen die Studierenden mit eigenen Mitteln wie z.b. Höhenmesser/Barometer, Thermometer aber auch mit Wetterkarten und numerischen Modellen umgehen und diese Daten mit den Beobachtungen und der Erfahrung vergleichen. Aus Platzgründen wird hier auf eine eingehende theoretische Abhandlung verzichtet und auf einen learning-by-doing Ansatz gesetzt.

6.2 Makroklima des Exkursionsgebiets

Das Klima des Exkursionsgebiets liegt in der Übergangszone zwischen atlantischer und mediterraner Klimaprovinz und ist beeinflusst von Staulagen, die sich an den Alpen durch die entsprechenden Luftmassen ausbilden (FREI UND SCHMIDLI, 2006). Das Klima des Kantons Graubünden ist stark durch die relative Nähe der Schweiz zum Atlantik beeinflusst. Durch die vorherrschenden Strömungen aus westlicher und südwestlicher Richtung wird feucht-milde Meeresluft transportiert, welche im Sommer kühlend und im Winter wärmend wirkt. Ausserdem sorgt sie für einen ganzjährig regelmässigen Niederschlag in den meisten Teilen Graubündens. Abweichend hiervon sind jedoch die vom Mittelmeer beeinflussten Bündner Südtäler Puschlav, Misox und Bergell mit deutlich milderem Wintern sowie inneralpine Trockentäler mit deutlich geringeren Niederschlägen (BADER ET AL., 2012). Das Exkursionsgebiet südlich des Splügenpasses, das italienische Val San Giacomo, weist ein identisches Klima auf wie das benachbarte Misox und steht ebenfalls unter dem Einfluss mediterraner Luftmassen.

6.2.1 Temperaturen

Die Temperaturen im Exkursionsgebiet sind zum einen Nord-Süd-abhängig, zum anderen aber auch stark von der jeweiligen Höhenlage. In den Tieflagen der Bündner Südtäler bzw. des Val San Giacomo sind die Temperaturen im Durchschnitt 2-3 °C höher als in den Tieflagen Nordbündens (Abb. 6.1).

Die Januar bzw. Juli Durchschnittstemperatur in Chur beträgt 0.4 °C bzw. 18.9 °C, in Davos auf ca. 1800 m ü.M. -4.9 °C bzw. 12.4 °C und auf 3300 m ü.M. am Piz Corvatsch -11.3 °C bzw. 2.3 °C. Die mit 41.5 °C absolut höchste von MeteoSchiweiz gemessene Temperatur wurde am 11. August 2003 in Grono im unteren Misox erreicht (BADER ET AL., 2012).

6.2.2 Niederschlag

Die Alpen als Klimaschranke erzeugen mehrere verschiedene Klimabereiche. Eine besonders eigene Charakteristik zeigen die inneralpinen Täler da sie sowohl gegen Norden als auch gegen

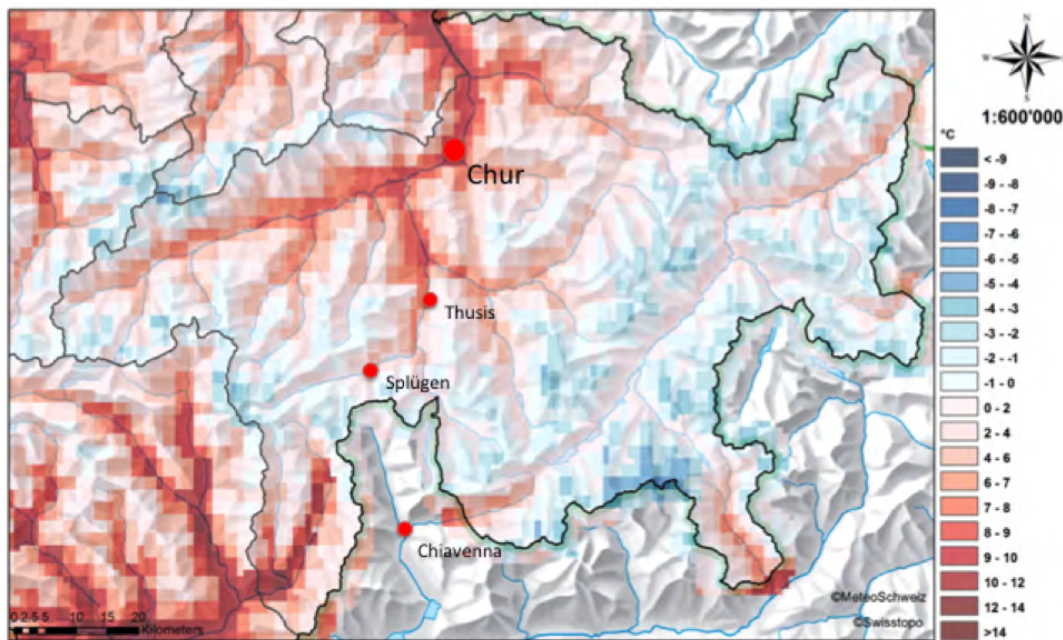


Abb. 6.1: Mittlere Jahrestemperatur (°C) im Kanton Graubünden auf der Basis der Normperiode 1981-2010. Verändert nach: [BADER ET AL. \(2012\)](#)

Süden von der Niederschlagsaktivität abgeschirmt sind und daher verhältnismässig trocken sind. In Graubünden trifft dies vor allem auf die Region Mittelbünden (Oberhalbstein, Albulatal und Lenzerheide) und das Engadin zu. In den nördlichen Voralpen und Alpen sowie auf der Alpensüdseite liegen die durchschnittlichen Jahresniederschläge bei ca. 2000 mm/Jahr. Dagegen weisen die inneralpinen Regionen mit 690 bis 920 mm/Jahr durchschnittliche Niederschlagssummen von weniger als der Hälfte auf (Abb. 6.2). Die geringe Niederschlagsmenge und die damit einhergehende geringe Bewölkung führen zu einer vergleichsweise hohen Sonnenscheindauer in den inneralpinen Tälern. Die zeigt sich besonders in den Herbst- und Wintermonaten da aufgrund der geschützten Lage auch kaum Nebel- und Hochnebellagen auftreten. Für das Engadin beispielsweise tritt in den Herbst- und Wintermonaten im Durchschnitt nur ein Nebeltag pro Monat auf während für das Mittelland im Durchschnitt mehr als zehn Tage pro Monat gezählt werden. ([BADER ET AL., 2012](#)).

Im Sommer sind die Niederschlagsmengen ungefähr doppelt so hoch wie im Winter, südalpin geprägte Gebiete zeigen eine Verschiebung der Maximalniederschläge vom Sommer in das Frühjahr.

6.2.3 Klimaentwicklung

Die im Kanton Graubünden angesiedelten Klimastationen zeigen eindeutig nachweisbare Anzeichen der Klimaerwärmung. Je nach Station betrug die Erwärmung in den letzten 100 Jahren zwischen +1 °C und +2 °C im Winter und +1 °C und +1.5 °C im Sommer. In den letzten 50 Jahren ist der Trend noch deutlicher ausgeprägt ([BADER ET AL., 2012](#)). Basierend auf Klimamodellen

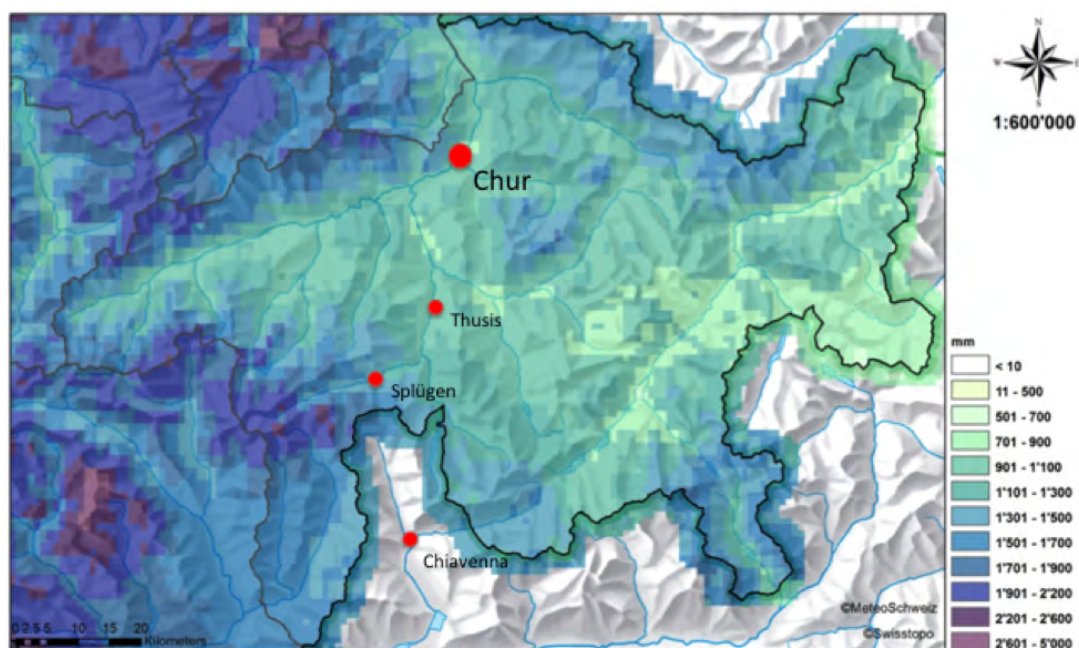


Abb. 6.2: Mittlerer Jahresniederschlag (mm) im Kanton Graubünden auf der Basis der Normperiode 1981–2010. Verändert nach: [BADER ET AL. \(2012\)](#)

wird für Graubünden eine weitere Zunahme der Durchschnittstemperaturen in allen Jahreszeiten vorhergesagt sowie eine deutliche Abnahme der Sommerniederschlagsmengen im gesamten Kanton. Die Winterniederschläge werden laut Vorhersage im südalpin beeinflussten Kantonsteil eher zunehmen, im nordalpinen Teil tendenziell gleichbleiben. Ähnliches dürfte für das italienische Val San Giacomo zu erwarten sein. Verschiedene, für Gesellschaft, Wirtschaft und Tourismus wichtige Klimaindikatoren zeigen ebenfalls die Änderung des Klimas ([BADER ET AL., 2012](#)). So konnte für alle Bündner Stationen in den vergangenen 50 Jahren eine signifikante Abnahme der Frosttage ¹ zwischen 15 und 45 Prozent festgestellt werden. Demgegenüber steht eine signifikante Zunahme der Sommertage ² mit 3–12 zusätzlichen Sommertagen alle 10 Jahre. Ebenfalls signifikant veränderte sich Nullgradgrenze während der letzten 50 Jahre. Die Höhenzunahme lag je nach Jahreszeit zwischen 30 und 70 m pro 10 Jahre. Dem Temperaturanstieg entsprechend ist die Erhöhung im Sommer am höchsten und im Herbst am niedrigsten. Der Klimawandel bringt nicht nur eine Änderung von Temperatur und Niederschlagsmengen mit sich, sondern es ist auch eine Änderung der Extremereignisse zu erwarten. Der am klarsten sichtbare Trend geht hin zu mehr und länger anhaltenden Hitzewellen und einer abnehmenden Häufigkeit von Kälteperioden ([SCHÄR ET AL., 2004](#)).

¹Tage des Kalenderjahres mit minimaler Temperatur $T_{min} < 0\text{ °C}$

²Tage des Kalenderjahres mit maximaler Temperatur $T_{max} \geq 25$

6.2.4 Klima entlang des Exkursionstransektivs

Um die Veränderungen des Klimas entlang der während der Exkursion zurückgelegten Strecke zu veranschaulichen, wurden die Klimadiagramme von drei exemplarischen Stationen ausgewählt (Abb. 6.3). Da keine Klimadiagramme von Orten direkt an der Strecke existieren, wurden Orte mit ähnlichen Charakteristika gewählt (vgl. Abb. 6.1 und 6.2). Für den Startpunkt in Thusis wurde das Klimadiagramm von Chur herangezogen, für die Region um Splügen und den Splügenpass das Diagramm von Hinterrhein und für Chiavenna das Diagramm von Grono im benachbarten Misox. Der Temperaturverlauf spiegelt den für den östlichen Alpenraum typischen Nord-Süd-Verlauf und die Höhenabhängigkeit wieder. Die Jahresdurchschnittstemperatur steigt von 8.9 °C in Chur auf 11.7 °C in Grono um knapp zwei Grad. Hinterrhein mit seiner Lage auf 1611 m ü. M. zeigt erwartungsgemäss tiefe Temperaturen mit einem Jahresdurchschnitt von 2.2 °C. Chur liegt am nördlichen Eingang zum Churwaldnertal, einem inneralpinen Trockental. Dementsprechend ist es dort mit einer durchschnittlichen Summe der Jahresniederschläge von 798 mm relativ trocken. Hinterrhein und Grono besitzen ähnliche Niederschlagssummen um 1500 mm. Grono liegt am Alpensüdrand, Hinterrhein wird nur durch den San Bernardino Pass von aus Süden einfließenden Luftmassen abgeschirmt und hat deshalb ähnlich hohe Niederschläge. Im Vergleich zu Chur, wird der Einfluss des Mittelmeerklimas im Bereich der Stationen Hinterrhein und vor allem Grono durch eine Verlängerung der Periode der Maximalniederschläge in Richtung Frühjahr deutlich.

6.3 Energiebilanz

Damit sich in einem geographischen Raum Wetter, respektive Klima (statistische Betrachtung des Wetters über längere Zeit) entwickeln können, sind Wärme- und Feuchtigkeitsflüsse zwischen der Erdoberfläche und der Atmosphäre nötig. Die Richtung der Flüsse (Boden → Atmosphäre; Atmosphäre → Boden) wird durch die Energiebilanz bestimmt.

Wie aus der Einleitung zu entnehmen ist, hat die Lage (Breitengrad) einen Einfluss auf das Klima. Dies hängt mit dem Sonnenhöchststand und damit mit der Energiebilanz zusammen (BENDIX, 2004): äquatoriale Gebiete (grüne Fläche in Abbildung 6.4) erhalten pro Fläche mehr Energie als ausseräquatoriale Gebiete (rote Fläche in Abbildung 6.4). Je nach Neigung der Erdachse (Sommer/Winter) kann die Energiebilanz an den Polen sehr abweichen. In äquatorialen Gebieten herrscht also ein „Energieüberfluss“ der sich durch komplexe atmosphärische Prozesse bis zu den Polgebieten verteilen muss. Durch diese Prozesse entsteht das Wetter, respektive das Klima. (WALCH UND FRATER, 2004).

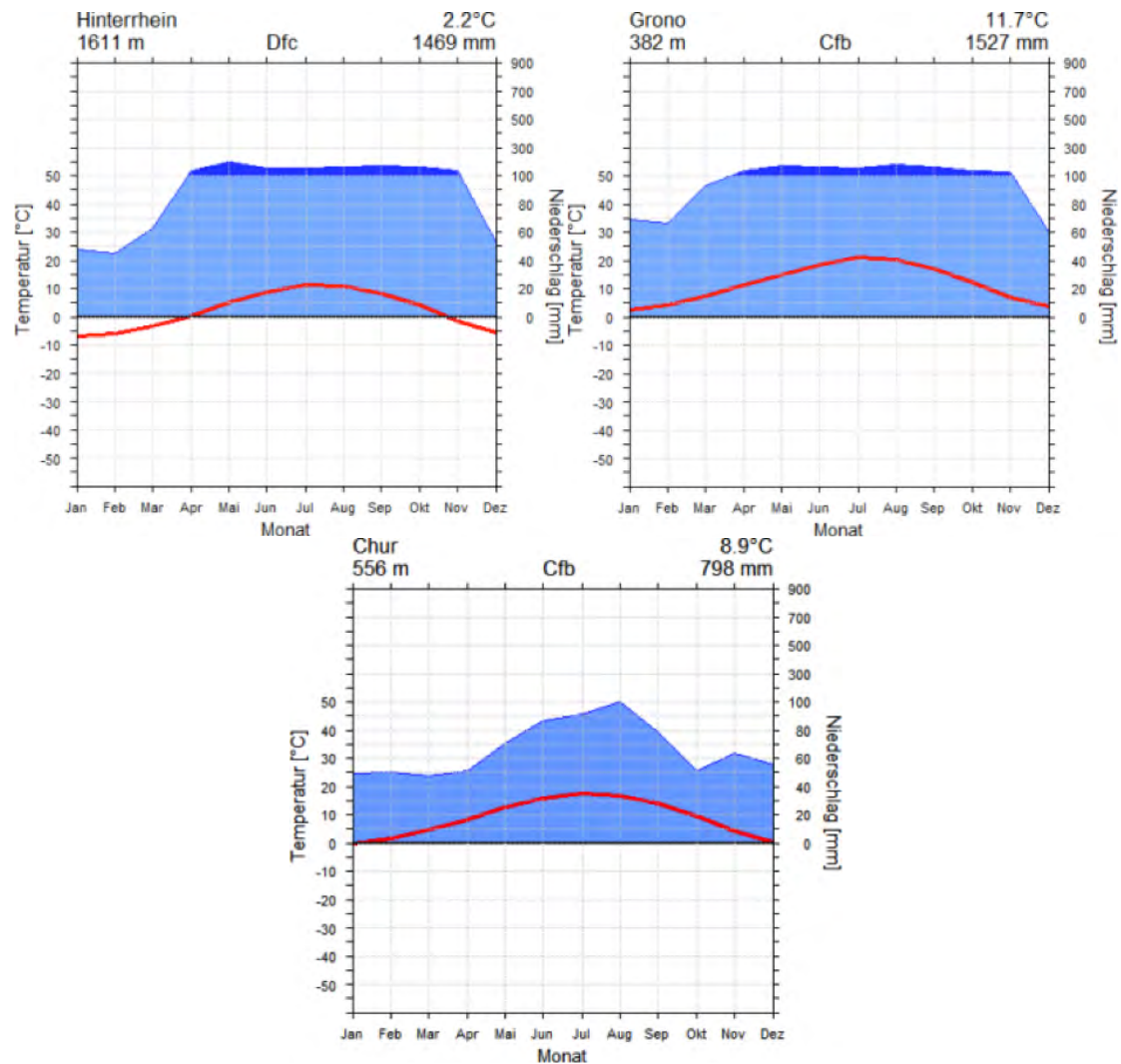


Abb. 6.3: Klimadiagramm von Chur

Klimadiagramme von Hinterrhein (oben links), Grono (oben rechts) und Chur (unten), als exemplarische Vertreter für den Exkursionstransekt. Quelle: KLIMADIAGRAMME.DE (2013).

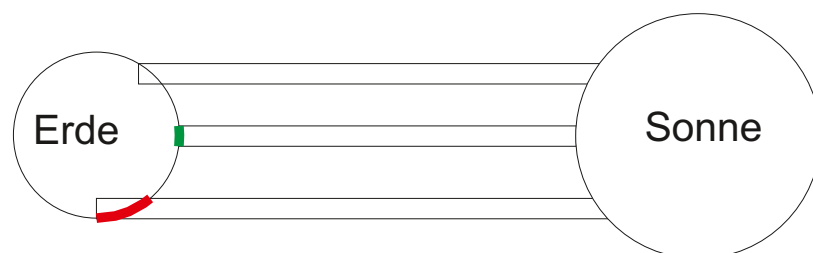


Abb. 6.4: Energieeintrag von der Sonne auf die Oberfläche der Erde: Die Sonnenstrahlen werden durch schmale Rechtecke repräsentiert. Bei gleicher Ausgangs-Energie (jeder Strahl steht für gleich viel Energie), erhält ein Ort in der roten Fläche (z.B. nahe der Polarkreise) also relativ (Input / Fläche) weniger Energie als ein Ort in der grünen Fläche (z.B. nahe des Äquators).

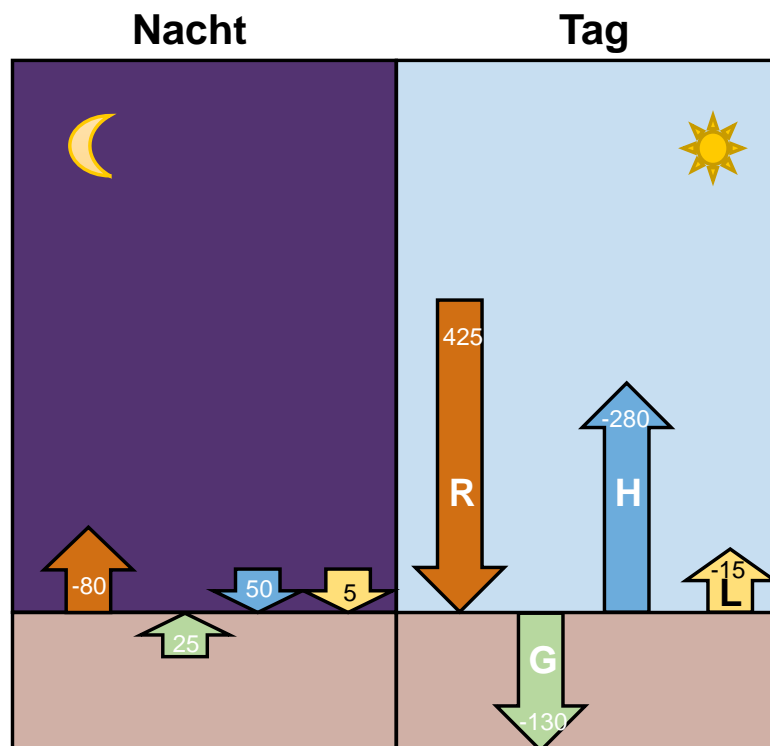


Abb. 6.5:
Energiebilanz in der
Nacht und am Tag:
sie muss immer im
Gleichgewicht sein
(nach [WHITEMAN](#)
(2000)).

Nach [WHITEMAN \(2000\)](#) lässt sich die Energiebilanz an einem bestimmten Ort folgendermassen ausdrücken:

$$R + H + L + G = 0 \quad (6.1)$$

mit R: Nettostrahlung, H: fühlbarer Wärmestrom, L: latenter Wärmestrom und G: Bodenwärmestrom. Wobei R in L (benutzt um Wasser zu evaporieren/kondensieren), G (wärmt/kühlt den Boden), und H (wärmt/kühlt die Atmosphäre) transformiert werden muss. Aufgrund des Energieerhaltungssatzes ist es nicht möglich, dass die totale Energie ansteigt/absinkt, deswegen muss die Bilanz immer im Gleichgewicht sein (vgl. Abb. 6.5). ([WHITEMAN, 2000](#))

6.3.1 Energiebilanz der Erde

Grundsätzlich treten beim Auftreffen von Strahlung auf einen Körper drei Prozesse in Kraft: erstens Absorption (Aufnahme und Umwandlung der Strahlungsenergie in z.B. Wärme), zweitens Reflektion (spiegelnd, oder diffus; Albedo) und drittens Transmission (Durchlässigkeit eines Mediums gegenüber Strahlung und deren spezifischer Wellenlänge) ([ZMARSLEY ET AL., 2007](#)). Je nach Materialbeschaffenheit (z.B. die Erdoberflächenbedeckung) variieren die Anteile der drei Prozesse. Dies führt dazu, dass an verschiedenen Orten (z.B. über Gletscherflächen, Wüsten, Wäldern, Städten, usw.) unterschiedliche Anteile der Energie in Wärme transformiert werden. Die Hauptenergiequelle der Erdatmosphäre stellt die kurzwellige Strahlung, welche von der Sonne emittiert wird, dar. Abbildung 6.6 zeigt die durchschnittlichen Anteile der Absorption, Reflektion und Transmission der einfallenden kurzwelligen Sonnenstrahlung und die Anteile, welche in Wärme transformiert werden.

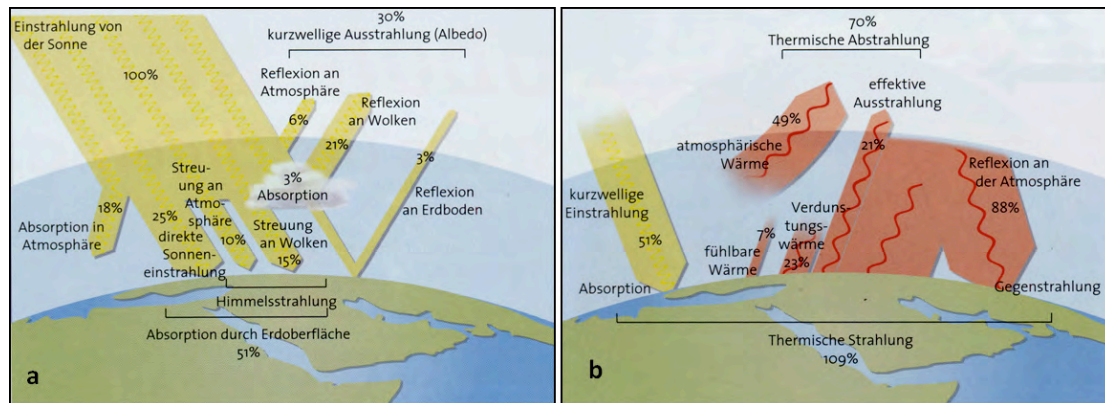


Abb. 6.6: (a) zeigt den Weg der kurzwelligen Sonnenstrahlung zur Erdoberfläche, wobei 51 % der Eingangsenergie von der Erdoberfläche absorbiert werden. (b) Stellt die Thermische Strahlung, welche für die Wetter- und Klimaprozesse relevant sind, dar. (WALCH UND FRATER, 2004)

6.3.2 Energiebilanz im Gelände

Neben den grossräumigen Strahlungsklimazonen (bestimmt durch Jahresgang der Sonnenhöhe, abhängig von der geographischen Breite), spielen im kleinen geographischen Massstab andere Faktoren eine wichtigere Rolle. Nach BENDIX (2004) ergeben sich folgende Hauptfaktoren:

1. Geländehöhe: kann bei niedrigen Sonnenhöhen zu Abschattung führen, zudem kann das Gesichtsfeld eines Punktes beeinträchtigt werden.
2. Exposition: Hangausrichtung; ist ein Hang zur Sonne hin, oder von der Sonne weg ausgerichtet?
3. Inklination: auch die Hangneigung wirkt sich auf die Strahlungsflüsse aus
4. Albedo: unterschiedliche Oberflächenbedeckungen weisen unterschiedliche Strahlungsflüsse auf.

Zusätzlich nehmen auch atmosphärische Faktoren (zusammenfassend optische Dicke), wie lokale Bewölkung, Atmosphärendicke, oder Aerosolanteil der Atmosphäre (z.B. Industrie-Abgase, oder Automobilabgase, usw.) starken Einfluss auf die Energiebilanz an einem bestimmten Ort.

In einem sehr heteromorphen Raum, wie zum Beispiel den Alpen, ist es deshalb möglich, dass sich die Energiebilanz zwischen Tälern stark unterscheidet (z.B. Trockentäler) und zu sehr lokalem Klima führen kann.

6.4 Berg-Tal-Wind-System

In der Klimaskala kann dieses Phänomen, wie auch der Föhn, dem Lokal- und Mesoklima, respektive dem Geländeklima zugeordnet werden (BENDIX, 2004). Dieses Windsystem tritt hauptsächlich in Gebirgstälern bei Strahlungswetterlage (Druckgradient durch Ein- und Ausstrahlung bestimmt) auf. Es besteht aus zwei Hauptkomponenten: erstens aus der Tal-Querzirkulation (Hangwindssystem), welches vom Druckgradienten zwischen Hang und Talboden angetrieben ist, und zweitens aus der Zirkulation parallel zur Talachse, welche aus den Druckdifferenzen zwischen Vorland und talabschliessendem Bergzug resultiert (LAUER UND BENDIX, 2004).

Druckgradienten können durch differentielle Erwärmung (tagsüber) der Hangflächen entstehen. Dazu spielen die Hangexposition zur Sonne, die Oberflächenbeschaffenheit (Albedo; Reflexion, Absorption, Transmission und Emission) und die Beschattungseffekte der verschiedenen Energieumsatzflächen eine wichtige Rolle (BENDIX, 2004). Zusätzlich zu den sensitiven Hitze-flüssen verstärkt auch der Tal-Volumen-Effekt den Druckgradienten entlang der Talachse (WHITEMAN, 2000).

Durch Konvektionsvorgänge im Tal kann am Tag eine Kopplung der Talluftmasse mit der umgebenden Atmosphäre stattfinden (WHITEMAN, 2000). Sobald die Sonne untergegangen ist, tritt die effektive Ausstrahlung ein und das Tal kühlt sich wieder ab. Kaltluftpakete über den Talflanken fließen je nach Mächtigkeit aufgrund der Gravitationseinwirkung Richtung Talgrund ab (katabatisch). Je nach Morphologie des Tals können sich Kaltluftseen (Talinversion: Temperaureschichtetes Luftpaket: Temperatur steigt mit zunehmender Höhe) ausbilden (BENDIX, 2004). Dabei entkoppelt sich die Talluftmasse wieder von der umgebenden Atmosphäre, es kann wieder ein „Talklima“ entstehen.

Je nach Phase der Zirkulation findet ein Massendefizit über dem Bodenhoch statt, welches durch einen Antihöhenwind (entgegen dem Tal- resp. Bergwind gerichtet) kompensiert werden muss (BENDIX, 2004).

6.4.1 Symmetrische Hangerwärmung- ein vereinfachtes Modell

Im Folgenden soll eine idealisierte Modellvorstellung (symmetrische Hangerwärmung) nach WHITEMAN (2000) ausführlicher dargestellt werden. Zu beachten gilt es, dass in dieses Modell weder eine komplexe Geomorphologie (Seitentäler) noch eine asymmetrische Hangerwärmung mit einbezogen wurde. Auch vernachlässigt es die komplexe Interaktion bei nicht Strahlungswetterlage (also bei bedeckten Verhältnissen, wenn der Haupttreiber nicht mehr nur die thermische Konvektion ist). Weiter ist auch der Kanaleffekt (West-Ost-überströmende synoptische Winde, welche durch die Topographie nach Süden resp. Norden abgeleitet werden) durch die Taltopographie nicht dargestellt. Im Gegensatz zum Modell von Defant, welches in acht Phasen unterteilt wird, fasst Whiteman den ganzen Zyklus in nur vier Phasen (folgende vier Abschnitte) zusammen:

Abend-Transitions-Periode

Am späten Nachmittag, kurz vor dem Sonnenuntergang tritt die Abend-Transitions-Periode ein. Dabei fällt die Energiebilanz negativ aus: die Energieabgabe vom Boden durch langwellige Ausstrahlung überwiegt die Energieaufnahme am Boden durch kurzwellige Einstrahlung. Dadurch kühlt sich sowohl die Bodenoberfläche als auch die darüber liegende Luftmasse ab. Die kalten Luftpakete an den Talhängen strömen katabatisch talwärts und folgen der Falllinie zum tiefsten Punkt, also dem Talgrund (In Abbildung 6.7 mit den blauen Pfeilen dargestellt). Die Inversion kann sich dadurch bei klarem Himmel innert 3–5 Stunden bis zu einer 500 m mächtigen Schicht ausbilden. Sobald sich das Wachstum der Inversion verlangsamt, setzen Bergwinde (Talabwinde) ein und das Ende der Abend-Transitions-Periode ist erreicht.

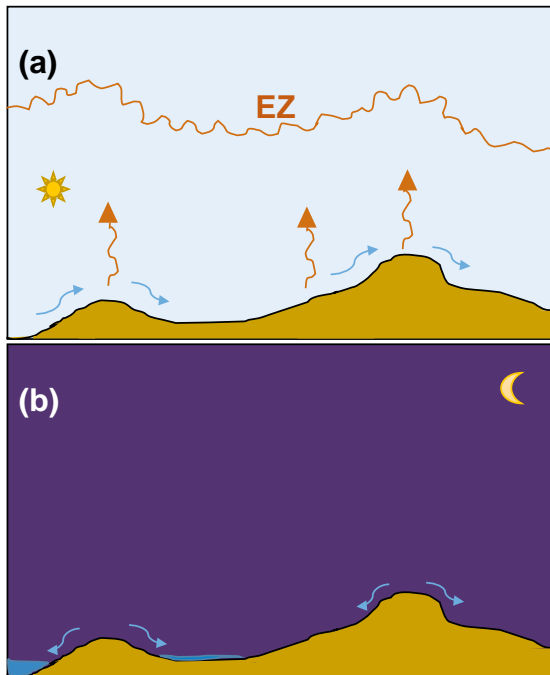


Abb. 6.7: (a) stellt die Situation vor dem Sonnenuntergang dar: die Westexponierten Hänge erwärmen sich noch, während sich die Osthänge bereits abkühlen. Die blauen Pfeile zeigen die Windrichtung, die roten Pfeile deuten die konvektiven Flüsse an. EZ (entrainment zone) stellt die Grenze des boundary layers dar. (b) zeigt die Situation in der Nacht, blaue Linien deuten die katabatischen Luftabflüsse an. Im Tal vermag sich eine Inversion, symbolisiert durch die gestrichelte Fläche, auszubilden (nach WHITEMAN (2000)).

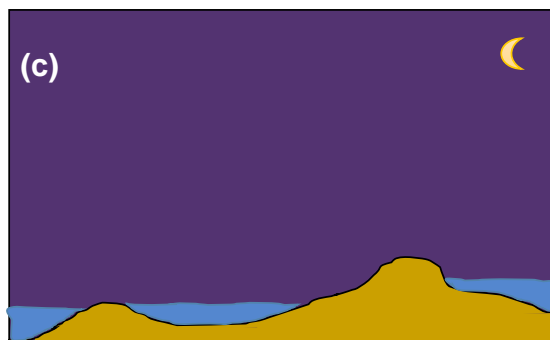


Abb. 6.8: (c) stellt die Situation während der entkoppelten Periode dar (nach WHITEMAN (2000)).

Entkoppelte Periode (während der Nacht)

Die Talinversion ist stabil ausgebildet und hat eine talfüllende Mächtigkeit erreicht (in Abbildung 6.8 durch die hellblauen Flächen dargestellt). Am Talgrund tritt ein katabatischer Bergwind (Talabwind) auf, da die kalte Luftmasse von der Bergflanke talwärts strömt. Die kalte Luftführenden Seiten-Hangabwinde sind weiter vorhanden. Allerdings verlässt ein Teil der Kaltluftmasse vorzeitig den Hang und strömt in das talfüllende Inversionspaket, ohne den Talgrund zu berühren. Das stabile talfüllende Luftpaket, welches sich erstens wegen der Temperaturinversion und zweitens wegen den schützenden Bergflanken in der Talmitte aufbauen kann, ist dadurch von der darüber liegenden Atmosphäre (Restschicht) entkoppelt (dies ist durch die klare Trennlinie zwischen hellblauen Flächen und darüber liegender dunkler Atmosphäre erkennbar) (WHITEMAN, 2000).

Morgen-Transitions-Periode

Nach dem Sonnenaufgang, sobald die Energiebilanz wieder positiv ist (Energieaufnahme an Boden durch kurzwellige Einstrahlung überwiegt Energieabgabe von Boden durch langwellige Ausstrahlung), beginnt sich das System wieder zu drehen: die Hänge und die darüber liegende Luftmasse wärmen sich relativ schneller auf als jene auf dem Talboden, was zu einem Aufstieg

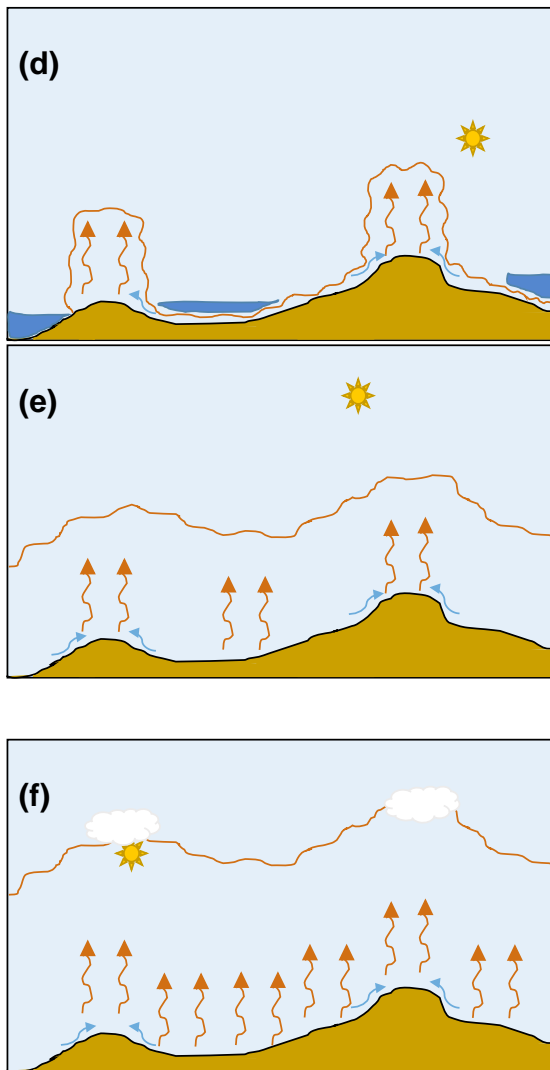


Abb. 6.9: (d) Morgenstunden: die Hänge erwärmen sich und bilden lokale Bodentiefs, dadurch steigt die Luft aus dem Kaltluftsee Richtung Hang (Hangaufwind) auf. (e) gegen den Mittag löst sich bei Strahlungswitterung die Talinversion wieder auf. Der Talwind kann sich wieder ausbilden (nach [WHITEMAN \(2000\)](#)).

Abb. 6.10: (f) gegen den frühen Abend kann wieder die Abend-Transitionsperiode eintreten. Durch den Effekt der thermischen Konvektion können sich Wolken über dem Gelände ausbilden (nach [WHITEMAN \(2000\)](#)).

der Luft entlang der Hänge führt (Abb. 6.9). Sobald die Talinversion nach 3–5 Stunden nach dem Sonnenaufgang wieder aufgelöst wird, kann sich wieder ein Talwind ausbilden (Abb. 6.10). ([WHITEMAN, 2000](#))

Gekoppelte Periode

Durch das Einsetzen der talinternen Konvektionsströmung und durch das Absenken der konvektiven Grenzschicht, wird die Luftmasse des Tals wieder erodiert und an die freie Atmosphäre gekoppelt ([BENDIX, 2004](#)). Die Hangaufwinde und die Talwinde sind wieder ganz ausgebildet. Sobald die konvektive Grenzschicht den tiefsten Punkt im Tal erreicht hat (meistens späterer Nachmittag; Abbildung 6.10), können die höchsten Windgeschwindigkeiten gemessen werden. Als bald die Sonne untergeht, startet der Zyklus wieder von vorne ([WHITEMAN, 2000](#)).

6.4.2 Spezialfall Malojawind

Um diesen Fall erläutern zu können, bedarf es einer Beschreibung der Taltopographie des Bergells und des Oberengadins. Wie aus den Abbildungen 6.11 und 6.12 zu entnehmen ist, ist das Bergell ein langes und steiles Tal (Chiavenna: ca. 330 m ü.M., Maloja: ca. 1830 m ü.M.,



Abb. 6.11: Die orange Linie induziert das Bergell und das obere Engadiner Tal.
Quelle: [SWISSTOPO \(2013\)](#).

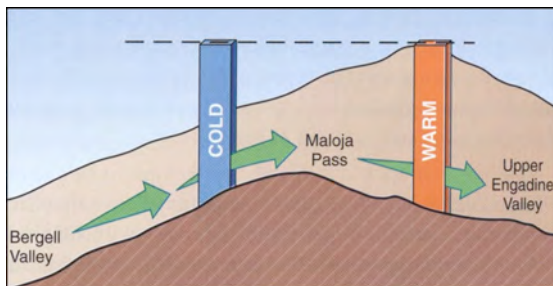


Abb. 6.12: Tagessituation am Malojapass: Der Talvolumen-Effekt, welcher im oberen Engadiner Tal wärmere Luft produziert, treibt das ganze System an (nach [WHITEMAN \(2000\)](#)).

Bever: ca. 1700 m ü.M.), welches durch steile Bergflanken seitlich abgegrenzt wird. Der Malojapass schliesst das Tal Topographisch ab. Nordöstlich leitet er in das vergleichsweise ebene Oberengadiner Tal über.

Tagsüber erwärmt sich der Malojapass und die talumgebenden Bergflanken (vgl. Abb. 6.12) stärker als das Vorland des Bergells, was durch den Druckgradienten (Vorland: Bodenhoch, Malojapass: Bodentief) in einem Talwind resultiert. Da der volumenmächtige Talwind vom Bergell her den Malojapass zu überströmen vermag (zusätzlich angetrieben von den hohen Bergflanken im Oberengadin), weht er in Form eines Bergwindes durch das Oberengadiner Tal hinab (Bergwind am Tag, scheint das Tal-Wind-System zu widerlegen). In der Nacht wirkt sich der Bergeller Bergwind wiederum auf das Oberengadin aus und führt so zu einem nächtlichen Talwind ([WHITEMAN, 2000](#)).

6.5 Föhn

Überall wo Luftmassen Gebirge überströmen müssen, können Föhneffekte unter bestimmten Voraussetzungen auftreten. Obwohl im deutschsprachigen Raum der Begriff Föhn meist als Bezeichnung für den Südföhn über die Alpen gebraucht wird, ist der Begriff korrekterweise eine Bezeichnung für einen trockenen, warmen Wind im Lee von Gebirgszügen ([WMO, 1992](#)).

In den Alpen gibt es eine grosse Anzahl verschiedener Föhntypen, die je nach Wetterlage und den hydrostatischen Eigenschaften der Luftmassen auftreten. Dementsprechend gibt es auch verschiedene theoretische Ansätze um das Phänomen Föhn zu erklären. Detailliert darauf einzugehen

würde den Rahmen dieses Readers sprengen, deshalb wird im Folgenden nur auf die adiabatischen Prozesse, die hydrostatischen Eigenschaften der Luft und die typischen Föhnwetterlagen eingegangen.

6.5.1 Feucht- und trockenadiabatische Prozesse

Um Föhneffekte zu verstehen, ist die Unterscheidung von feucht- und trockenadiabatischer Abkühlung und Erwärmung zentral. Als adiabatisch werden in der Thermodynamik Prozesse bezeichnet, bei denen die Entropie eines Systems erhalten bleibt, d.h. einem Luftpaket wird bei einem adiabatischen Prozess keine Wärme (=Energie) zu- oder abgeführt (BENDIX, 2004). Da bei Kondensation von Wasser Wärme erzeugt wird, unterscheidet man feucht- und trockenadiabatische Prozesse. Als Feuchtadiabatisch werden demnach diejenigen Fälle bezeichnet, bei denen die Luftfeuchtigkeit 100 % (die Lufttemperatur entspricht der Taupunkttemperatur) beträgt, und trockenadiabatisch diejenigen Fälle, in denen eine Luftfeuchtigkeit von weniger als 100 % herrscht. Insbesondere die Temperaturänderung mit der Höhe ist für den Föhn relevant, also der Term $[\Delta_T/\Delta_z]$. Für den feuchtadiabatischen Fall beträgt dieser Gradient $0.5\text{ }^\circ\text{C} / 100\text{ m}$, für den trockenadiabatischen Fall $1\text{ }^\circ\text{C} / 100\text{ m}$. (WANNER, 2007a)

Für den Föhn lässt sich das Zusammenspiel der feuchtadiabatischen Abkühlung eines Luftpakets und der trockenadiabatischen Erwärmung am besten schematisch darstellen (Abb. 6.13).

6.5.2 Hydrostatische Eigenschaften

Den Föhn auf diese Ausprägung zu beschränken wäre allerdings ein Fehler. Ein weiterer entscheidender Faktor ist die hydrostatische Stabilität der Luft, die durch die Froude-Zahl ausgedrückt werden kann. Ist dieser Parameter ≥ 1 , treten Lee-Wellen beim Überströmen des Gebirges auf. Diese Lee-Wellen (oder „Mountain Waves“) können ebenfalls zur Erwärmung der leeseitigen Luft führen, sei es z.B. durch erleichterte vertikale Durchmischung oder durch die turbulente Erosion der Kaltluft, wie in Abbildung 6.14 ersichtlich ist. (STEINACKER, 2006)

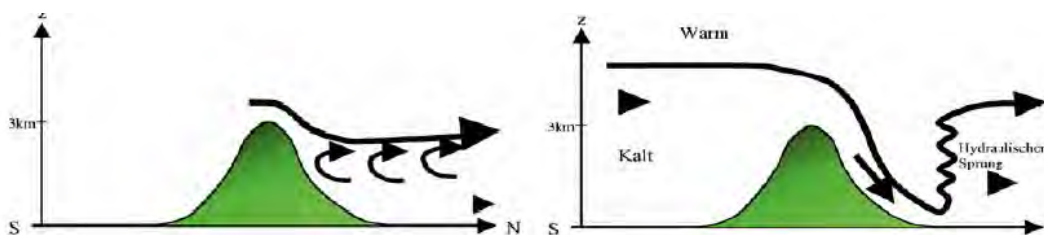


Abb. 6.14: Schematische Darstellung zur hydrostatischen Stabilität der Luft. Links: Turbulente Erosion von Kaltluft im Lee. Rechts: Absinken der Luft durch einen hydraulischen Sprung. (STEINACKER, 2006)

Ausserdem ist zu beachten, dass die Luft luvseitig nicht unbedingt durch die Topographie zum Aufsteigen gezwungen werden muss. Durch eine genügend hohe Froude-Zahl wird die Luft erst durch einen hydraulischen Sprung im Lee zum Absinken gebracht und damit erwärmt, unabhängig davon, ob sie vorher durch Stauniederschläge abgetrocknet wurde (siehe Abbildung 6.14

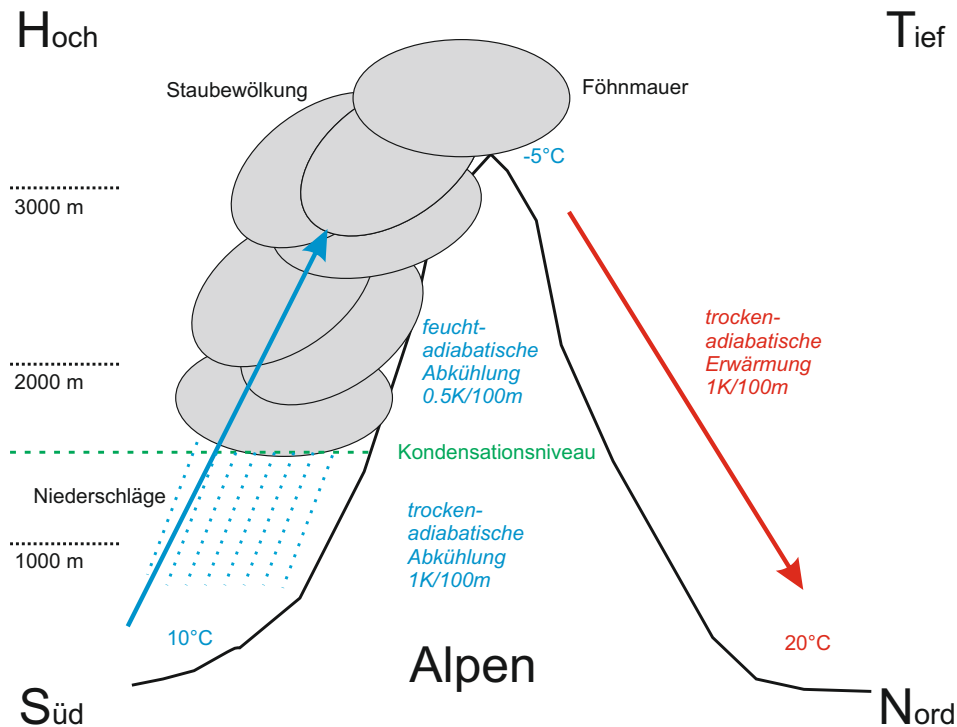


Abb. 6.13: Schematische Darstellung des thermodynamischen Föhns: Durch die Topographie und dem damit einhergehenden orographischen Effekt wird die angeströmte Luft zum Aufsteigen gezwungen. Sie kühlt zuerst trockenadiabatisch bis zum Taupunkt ab, ab dieser Höhe erfolgt weiteres Aufsteigen feuchtadiabatisch, es treten Stauniederschläge auf. Sobald die Luft wieder absinkt, fällt die Luftfeuchtigkeit unter 100 %, das Absinken erfolgt also wieder trockenadiabatisch, wodurch die Luft auf gleicher Höhe im Lee des Gebirges eine höhere Temperatur als im Luv aufweist (nach [WIKIPEDIA \(2013b\)](#)).

rechts). Auch blockierte Kaltluft im Luv kann dazu führen, dass die Luft nicht erst am Gebirge aufsteigen muss ([STEINACKER, 2006](#)). Dieser Fall ist insofern weiter von Bedeutung, dass bei blockierter Kaltluft die regionalen Föhn-Indizes wie z.B. der Druckunterschied zwischen Nord und Süd ungültig sind ([RICKLI, 2012](#)).

6.5.3 Typische Föhnwetterlagen

In den Alpen muss grundsätzlich zwischen Nord- und Südföhn unterschieden werden. Nordföhn ist in seinem Auftreten weniger variabel als Südföhn. Der Nordföhn tritt bei einer nordwestlichen bis nördlichen Anströmung der Alpen auf. Dies ist in der Regel mit einer Zufuhr von feuchter und kalter Luft verbunden, meist nach dem Durchzug einer Kaltfront. Auf der 500 hPa-Karte liegt der Alpenraum in diesem Fall in einem Trog in der Nähe der Trogachse. Auf der Bodendruckkarte liegt ein Hochdruckgebiet nordwestlich des Alpenraums ([METEOSCHWEIZ, 2010](#)).

Der Südföhn ist in seiner Ausprägung deutlich variabler. Grundsätzlich ist eine süd- bis südwestliche Höhenströmung erforderlich. Da die Luft südlich der Alpen oft durch das Mittelmeer angefeuchtet wird, sind auch bei Südföhn Stauniederschläge wahrscheinlich, aber bei weitem nicht zwingend ([METEOSCHWEIZ, 2010](#)). Insbesondere im Vorfeld einer (schnellen) Kaltfront

treten (Süd-)Föhnschübe auf, die durch die Höhenströmung auf der Trogvorderseite sowie den sinkenden Bodendruck auf der Alpennordseite hervorgerufen werden. Diese sind jedoch meist nur kurz und führen nicht zwangsläufig zu Stauniederschlägen ([WANNER, 2007a](#)). Liegt jedoch der Alpenraum längere Zeit auf der Trogvorderseite, so dauern die Föhnperioden auch deutlich länger und können bei entsprechender Zyklogenese auf der Alpensüdseite zu sehr intensiven Niederschlägen führen. Dabei ist zu beachten, dass bei labiler Schichtung auch die Alpennordseite vom Niederschlag nicht verschont bleibt ([RICKLI, 2012](#)).

Besonders bei Südföhn kann man ab einer Druckdifferenz von 4 hPa zwischen Norden und Süden (z.B. die Stationen Lugano und Zürich) von einem Durchgreifen des Föhns ausgehen. Wie genau und wo der Föhn dann besonders auftreten wird (z.b. Guggi- und Lauteraarföhn in Grindelwald), ist dann jedoch von der konkreten Anströmrichtung abhängig ([RICKLI, 2012](#)).

Rhein und Hinterrhein

Eckdaten Rhein und Hinterrhein

Alpen – Gebirge als Wasserschloss

Abflussabschätzung im Kleinzugsgebiet

Wasserkraft in der Schweiz

Wasserscheide Rhein-Po

Wasserversorgung auf SAC-Hütten

Lago di Lei und Gewässerökologie

Bau, bilaterale Abkommen und Verschwinden einer Alplandschaft

Wasserkraftnutzung und Umweltschutz

Vorfall an der Spöl

Gletscherrückgang und Glaziale Hydrologie

7 — Hydrologie

7.1 Rhein und Hinterrhein

7.1.1 Eckdaten Rhein und Hinterrhein

Rhein	Hinterrhein (rät. Rein Posterior)
Lauflänge: 1'239 km (Schiffbar: 883 km)	Lauflänge: 64 km (mit Dischmabach 72 km)
Quellhöhe: 2'345 m ü.M.	Quellhöhe: 2'400 m ü.M.
Mündung: Nordsee	Mündung: 590 m ü.M. in Vorderrhein
Höhenunterschied: 2'345 m	Höhenunterschied: 1'810 m
Einzugsgebiet: 185'300 km ² ohne Maas, 218'300 km ² mit Maas	Einzugsgebiet: 1'693 km ²
Höchster Punkt EZG: Finsteraarhorn auf 4274 m ü.M.	
Bevölkerung im EZG: ca. 60 Mio. (BELZ ET AL., 2007)	

Der Hinterrhein durchfließt drei Geländekammern, von oben nach unten:

- Rheinwald mit Splügen
- Schams mit Andeer
- Domleschg/Heinzenberg mit Thusis.

7.1.2 Alpen – Gebirge als Wasserschloss

aus [LINIGER ET AL. \(1998\)](#):

„Within Switzerland, 136 km³ of water is stored in lakes and reservoirs, and another 74 km³ in alpine glaciers. Altogether, this storage is five times the total annual river outflow from

⁰Kapitel verfasst von: Christophe Anderegg, Manuel Fischer, Simon Schnydrig und Florian von Fischer

Switzerland.“

„The Swiss alpine section of the Rhine River (to Basel) covers only 23 % of the total catchment area (160'000 km²), but contributes on average 50 % (1000 m³/s) of the total discharge to the North Sea.“

„The contribution of Swiss mountains to the flow of the Rhine in the Netherlands is disproportionately large, varying seasonally from 30 % in winter to 70 % during summer, when streamflow is minimal in the lowland rivers, but high in the alpine rivers due to snow- and icemelt.“

„With regard to water resources, the importance of the alpine region is primarily based on enhanced precipitation due to the orographic effect. A large proportion of the precipitation falls as snow at higher altitudes, and may form glaciers, which are key features of mountain hydrology. Due to these conditions, alpine catchments are characterized by much higher annual mean discharge per area (more than 30 l/s per km²) compared to catchments in the Central European lowlands (about 10 l/s per km²).“

aus [VIVIROLI ET AL. \(2003\)](#):

The particular hydrological characteristics of mountain areas can be summarized as follows:

1. Disproportionate discharge (i.e., higher specific runoff) as a result of the orographic effect and the lower evaporation rate.
2. Seasonal retarding of discharge through accumulation of winter precipitation in the form of snow and ice.
3. Highly reliable runoff (i.e., reduction, in particular, of summer runoff variability) as a result of the regularity of the melting process and the longterm compensatory effect of glacier storage.

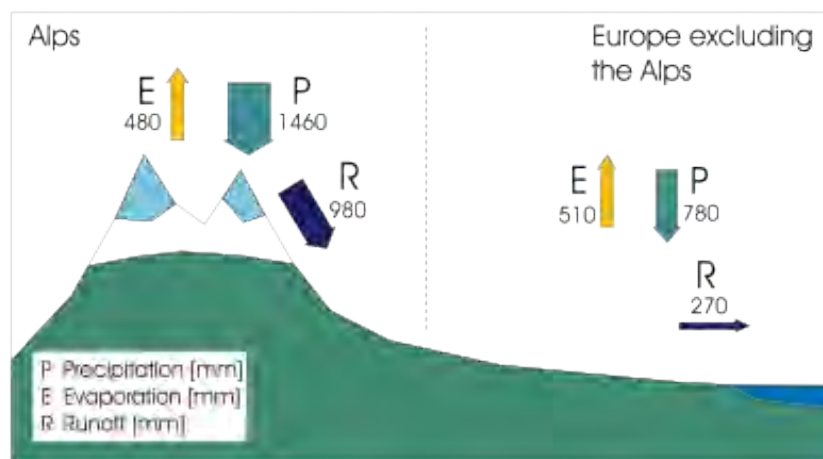


Abb. 7.1: Annual water balance of Europe, showing the dominant influence of the Alps in producing runoff. (in: [LINIGER ET AL. \(1998\)](#), Daten: [BAUMGARTNER UND LIEBSCHER \(1996\)](#))

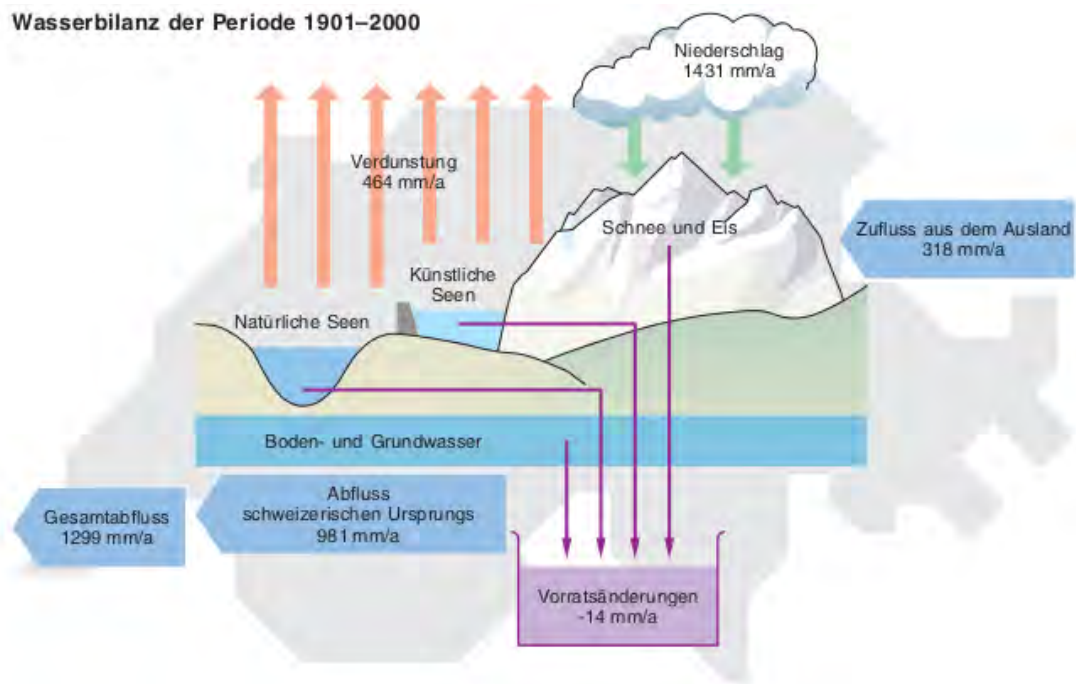
Wasserbilanz der Periode 1901–2000

Abb. 7.2: Der Wasserhaushalt der Schweiz im 20. Jahrhundert (aus: [SCHÄDLER \(2012\)](#))

7.2 Abflussabschätzung im Kleinzugsgebiet

Aufgabe 1: Bestimmung des Einzugsgebiets

Zeichnen Sie im Kartenabschnitt das Einzugsgebiet für den markierten Punkt und schätzen Sie dessen Fläche.

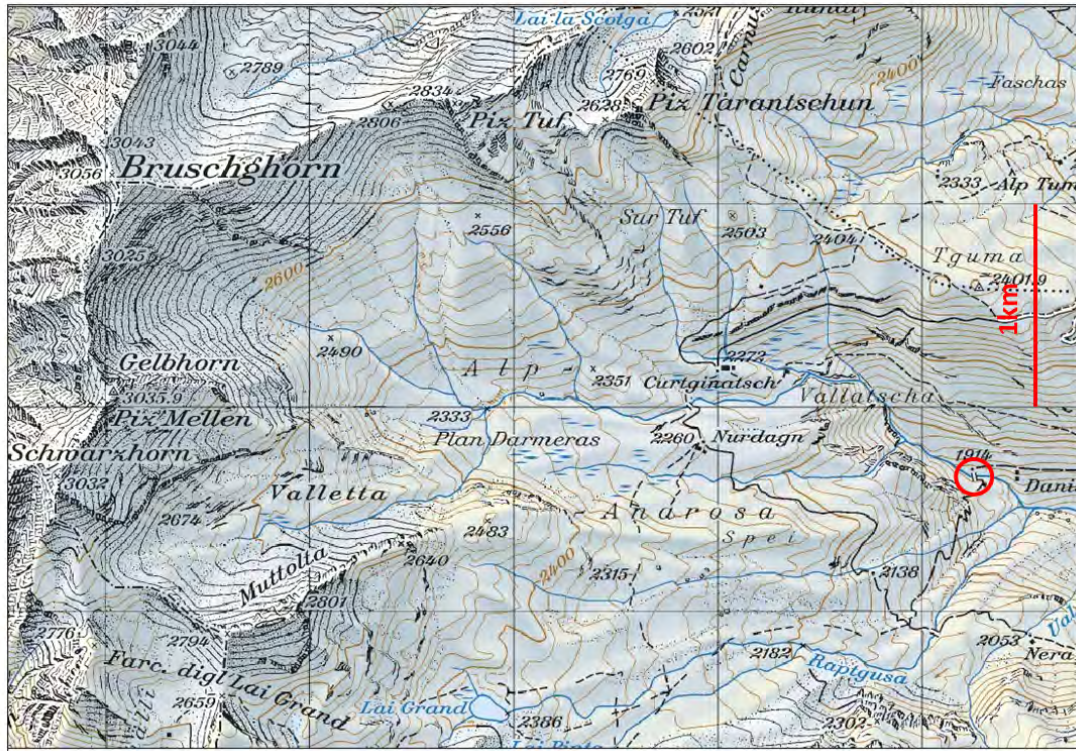


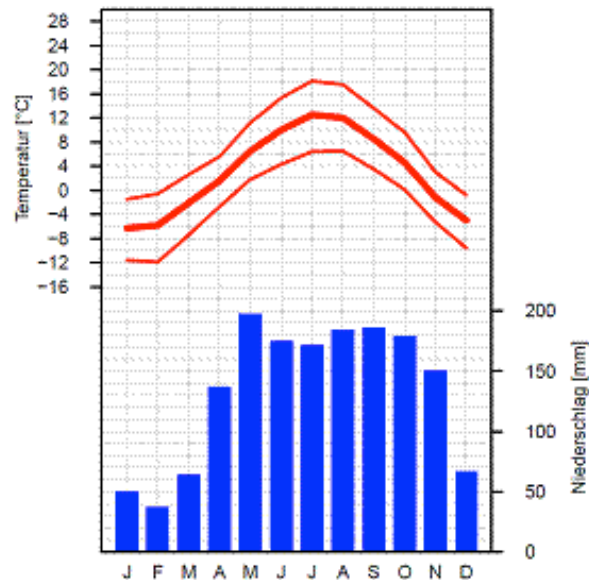
Abb. 7.3: Kartenausschnitt Alp Anarosa. (SWISSTOPO, 2013)

Geschätzte Einzugsgebietsgrösse ca. $8 \text{ km}^2 = 8'000'000 \text{ m}^2$.

Aufgabe 2: Ermittlung des durchschnittlichen Tagesniederschlags

Schätzen / Ermitteln Sie den durchschnittlichen Tagesniederschlag im August für dieses Einzugsgebiet mithilfe untenstehender Angaben der benachbarten Messstation Hinterrhein. Gehen Sie davon aus, dass der Niederschlag lediglich an „Niederschlagstagen“ (>1 mm/Tag) fällt. Resultat: **15.1 mm**.

Höhe ü.M.: 1611 m
 Geogr. Koord.: 46.52 N / 9.18 O
 CH-Koord.: 733900 / 153979
 Klimaregion: Nord- und Mittelländer



	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	Periode
Temperatur [°C]	-6.3	-5.8	-2.1	1.6	6.5	10.0	12.5	12.0	8.5	4.6	-1.2	-5.0	2.9	1981-2010
Maximumtemp [°C]	-1.5	-0.6	2.6	5.6	11.2	15.3	18.1	17.5	13.6	9.6	3.0	-0.8	7.8	1981-2010
Minimumtemp [°C]	-11.6	-11.9	-7.4	-2.7	1.8	4.3	6.4	6.5	3.5	0.1	-5.3	-9.6	-2.2	1981-2010
Eistage [Tage]	19.0	14.2	8.0	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	7.8	16.2	68.2	1981-2010
Frosttage [Tage]	30.7	28.1	29.2	21.8	8.0	1.9	0.4	0.5	3.9	15.3	25.1	29.7	194.6	1981-2010
Sommertage [Tage]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1981-2010
Hitzetage [Tage]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1981-2010
Relative Feuchte [%]	73	72	72	73	73	73	73	76	77	76	76	75	74	1981-2010
Niederschlag [mm]	50	37	64	137	197	175	171	184	186	179	150	67	1598	1981-2010
Niederschlag [Tage]	6.7	5.6	7.2	10.1	13.0	12.4	11.8	12.2	9.4	9.7	8.8	7.2	114.1	1981-2010
Neuschnee [cm]	80.1	63.0	71.4	66.5	13.2	8.6	0.2	1.1	3.7	17.8	42.7	68.8	437.1	1981-1996
Neuschnee [Tage]	8.9	8.4	8.1	7.1	2.1	0.8	0.1	0.2	0.5	1.8	5.8	9.0	52.8	1981-1996
Schneedecke [Tage]	31.0	28.2	31.0	27.9	8.5	1.1	0.1	0.1	0.9	3.1	17.3	29.3	178.5	1981-1996
Sonne [h]	59	94	117	112	149	166	193	174	128	103	58	39	1391	1981-2010
Sonne [%]	54	55	49	37	39	44	50	50	51	50	46	51	47	1981-2010
Heitere Tage [Tage]	13.7	11.9	10.0	6.5	5.6	5.6	7.2	8.5	10.4	11.6	10.2	13.5	114.7	1981-2010
Trübe Tage [Tage]	11.2	9.6	11.8	15.0	12.8	10.1	7.6	8.5	9.7	11.7	12.7	12.9	133.6	1981-2010

Abb. 7.4: Klimanormwerte Hinterrhein (Normperiode 1981–2010). (METEOSCHWEIZ, 2013)

Aufgabe 3: Schätzung und Berechnung von Q

Versuchen Sie in einem ersten Schritt zu schätzen, welche Grössenordnung des Abflusses (mehrere m^3/s , m^3/s , weniger als $1 \text{ m}^3/\text{s}$) Sie am eingekreisten Punkt (Abb. 7.3) an einem Regentag erwarten würden.

Berechnen Sie dann mit dem zuvor ermittelten Niederschlag die Abflussmenge $Q [\text{m}^3/\text{s}]$, welche durchschnittlich den Punkt bei der Brücke passiert. Schätzen Sie dazu einen möglichen Abflussbeiwert für das Einzugsgebiet mithilfe der Tabelle.

Oberfläche	Abflussbeiwert Ψ
Asphalt	0.9
Pflaster mit dichten Fugen	0.75
Kiesdach	0.7
fester Kiesbelag	0.6
Pflaster mit offenen Fugen	0.5
Böschung, toniger Boden	0.5
Gründach, Schichtenaufbau < 10cm	0.5
Böschung, lehmiger Sandboden	0.4
Böschung, Kies- und Sandboden	0.3
Gründach, Schichtenaufbau $\geq 10\text{cm}$	0.3
lockerer Kiesbelag, Schotterrasen	0.3
Verbundsteine mit Fugen	0.25
Wiesen und Gärten, steiles Gelände	0.2
Rasengittersteine	0.15

Abb. 7.5: Abflussbeiwerte für ausgewählte Oberflächen. (Quelle: TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (2013))

Abflussmenge $[\text{m}^3/\text{s}] = \text{Fläche EZG} [\text{m}^2] * \text{Niederschlag} [\text{m/s}] * \text{Abflussbeiwert} [-]$

$$Q = 8'000'000 * 0.0151 \text{ m}^2 / (24*60*60) * 0.5 = \mathbf{0.69 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Denken Sie, dass ihr Resultat die reale Abflussmenge eher über- oder unterschätzt? Weshalb?

Einfache Abschätzung des Abflusses mittels Faustformel:

Annahme: Abfluss in alpinen Einzugsgebieten: $Q = 50 \text{ l/s}$ und km^2

In diesem Fall beträgt die Fläche des EZG 8 km^2 und der Abfluss somit $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aufgabe 4: Extremereignis

Bei Niederschlagsereignissen 30-jährlicher Wiederkehrdauer können in dieser Region gemäss Meteoschweiz zwischen 70 und 150 mm/Tag fallen. Berechnen Sie die Abflussmenge für ein hypothetisches Niederschlagsereignis, bei welchem der gesamte Monatsniederschlag vom August innerhalb eines Tages fällt.

$$Q = 8'000'000 * 0.184 \text{ m}^2 / (24*60*60) * 0.7 = \mathbf{11.93 \text{ m}^3/\text{s}}$$

7.3 Wasserkraft in der Schweiz

Der Wasserkraftwerkspark der Schweiz besteht heute aus 556 Zentralen (Kraftwerke mit einer Leistung von mindestens 300 kW), welche pro Jahr durchschnittlich rund 35'830 Gigawattstunden (GWh) Strom produzieren. Davon werden rund 47 % in Laufwasserkraftwerken, 49 % in Speicherkraftwerken und rund 4 % in Pumpspeicherkraftwerken erzeugt. Zwei Drittel dieser Energie stammen aus den Bergkantonen Uri, Graubünden, Tessin und Wallis. Beachtliche Beiträge liefern auch die Kantone Aargau und Bern. Aus Zentralen internationaler Wasserkraftanlagen an Grenzgewässern stammen rund 11 % der schweizerischen Wasserkraftleistung. ([BUNDESAMT FÜR ENERGIE, 2013](#)).

Der Wasserkraft kommt vor allem deshalb eine Schlüsselrolle zu, weil sie kurzfristig regulierbar ist und in den Talsperren grosse Reserven gespeichert werden können. In der Schweiz stammen rund 56 % des Stroms aus Wasserkraft. Speziell an der Wasserkraft in der Schweiz ist der hohe Anteil (57 %) an Spitzenproduktion aus alpinen Speicherseen. 43 % stammen aus Laufkraftwerken. ([WÜEST, 2011](#)).



Abb. 7.6: Einzugsgebiet und Anlagen der Kraftwerke Hinterrhein (Quelle: [KRAFTWERKE HINTERRHEIN AG \(2007\)](#))

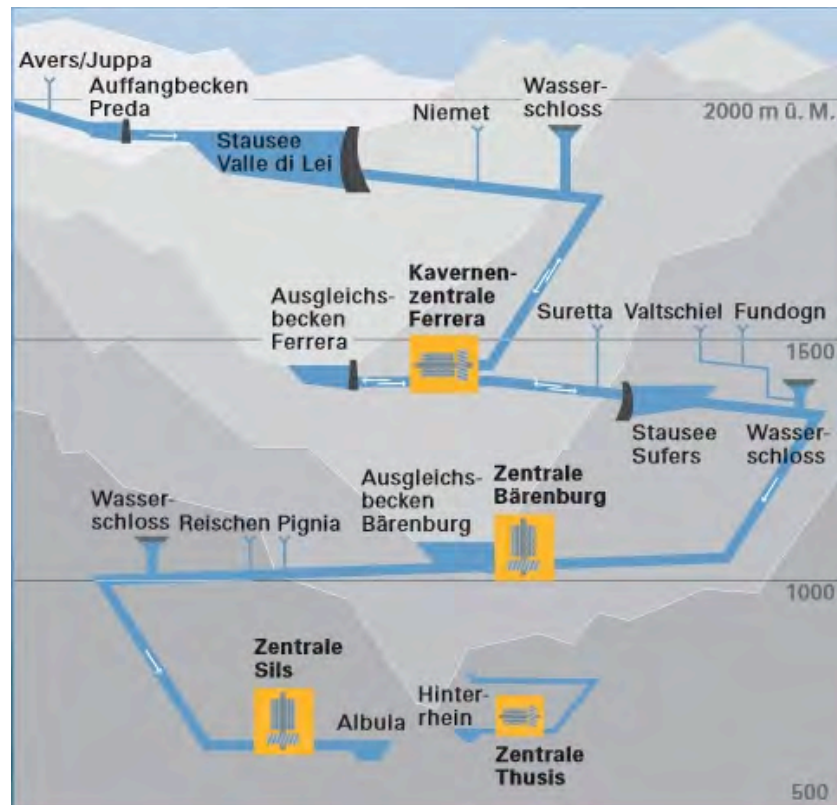


Abb. 7.7: Gefällsstufen (Quelle: [KRAFTWERKE HINTERRHEIN AG \(2007\)](#))

7.4 Wasserscheide Rhein-Po

Rhein	Po
Lauflänge: 1238.8 km (Schiffbar: 883 km)	Lauflänge: 652 km (Schiffbar 389 km)
Quellhöhe: 2345 m ü.M.	Quellhöhe: 2022 m ü.M.
Mündung: Nordsee	Mündung: Adriatisches Meer
Höhenunterschied: 2345 m	Höhenunterschied: 2022 m
Einzugsgebiet: 185'300 km ² ohne Maas, 218'300 km ² mit Maas	Einzugsgebiet: 75'000 km ²
Höchster Punkt EZG: Finsteraarhorn auf 4274 m ü.M.	Höchster Punkt EZG: Monte Viso auf 3841 m ü.M.
Bevölkerung im EZG: ca. 60 Mio. (BELZ ET AL., 2007)	Bevölkerung im EZG: ca. 16 Mio.

7.5 Wasserversorgung auf SAC-Hütten

Der Schweizer Alpen Club SAC besitzt 153 Hütten, wovon 121 bewirtet sind. Mit diesen Hütten werden im jährlichen Mittel 324'000 Übernachtungen realisiert. Zu Beginn der Hüttenbau-

zeit im alpinen Gelände, vor ca. 100–200 Jahren, sollten diese Schutzhütten lediglich eine Übernachtungs- und Zufluchtsmöglichkeit in der rauen Umgebung bieten. Die SAC-Hütten wurden im Laufe der Zeit den Besucherwünschen, nach den gegebenen finanziellen Möglichkeiten der zuständigen Sektion, angepasst. Der heutige Besucherzustrom der Bergtouristen übersteigt die Ansprüche der früheren Alpinisten um ein Weites und bringt die Infrastruktur, sowie auch das Hüttenpersonal an die Grenze der Belastbarkeit. So weisen viele Berg- und SAC-Hütten eine unzureichende Wasserversorgung auf. Diese Hütten wurden früher an Ausgangsstandorten für Bergtouren erstellt und mussten, aufgrund der geringen Besucherzahlen und Bescheidenheit, viel weniger Wasser zur Verfügung stellen. Die Hütten wurden, bei gleichbleibenden Wasservorkommnissen, zusehends vergrössert ([TAGESANZEIGER, 2009](#)).

Im Jahre 2009 wurde die neue Monte Rosa Hütte erstellt. Von diesem futuristischen Bau auf 2883 Meter über Meer erhoffte man sich eine zu 90 % autarke Energieversorgung. Zahlreiche Auszeichnungen sollten dies untermauern. Der ganze Wasserbedarf der Hütte wird über das Schmelzwasser gesteuert. Dieses wird zu Beginn des Sommers in Kavernen geleitet, gespeichert und bei Bedarf in die Hütte geleitet. Die sanitären Apparate sind besonders wassersparend entwickelt. Das Abwasser der Küche und Waschräume wird aufbereitet und für die Toilettenspülung verwendet ([ETHZ, 2010](#)). Die angestrebten Ziele von einem 90 prozentigen Autarkiegrad wurden jedoch verfehlt. Aufgrund der hohen Besucherzahlen von ca 10'000 Übernachtungen pro Jahr stossen die Systeme an ihre Grenzen. So ist zum Beispiel die Kläranlage überlastet und Grobstoffe werden in die nahe Umgebung umgeleitet. Eine schnelle Lösung des Problems ist nicht in Sicht ([SRF, 2013](#)).

7.6 Lago di Lei und Gewässerökologie

7.6.1 Bau, bilaterale Abkommen und Verschwinden einer Alplandschaft

Der Stausee Lago di Lei ist einer der grössten Speicherseen der Schweiz. Er liegt bis auf die Staumauer selber auf italienischem Staatsgebiet. Dem Bau voraus gingen bilaterale Verhandlungen zwischen der Schweiz und Italien die einen Landabtausch hervorbrachten, sodass die Staumauer heutzutage gänzlich auf Schweizerischem Gebiet steht. Der See hingegen liegt immer noch auf italienischem Staatsgebiet.

Der Stausee wurde 1962 nach einer Bauzeit von 5 Jahren fertiggestellt. Die Bauherrschaft hatten dabei italienische Bauunternehmer aus Mailand, sämtliche 1500 Arbeitskräfte waren Italiener. Durch die Flutung des ganzen Tales verloren 15 Bergbauern ihre Alpweiden. Ihnen wurde Realersatz oder finanzieller Ersatz geboten. Im Nachhinein wurde von italienischer Seite beklagt, dass schlecht verhandelt worden sei, da es nicht nur um den Realersatz ging, sondern auch um eine Alpsiedlung mit Geschichte und Traditionen die zerstört worden sei.

Dank dem Saisonspeicher im Valle di Lei ist es möglich, einen grossen Teil der Stromproduktion vom Sommer in den Winter zu verlagern. So gelingt es die Produktion weitgehend dem Verbrauch anzupassen: Im Durchschnitt der vergangenen zehn Jahre wurden schweizweit 45 % der Energie im Winter erzeugt. (Quellen: [SCHWEIZER RADIO UND FERNSEHEN \(2013\)](#); [KRAFTWERKE HINTERRHEIN AG \(2007\)](#))

7.6.2 Wasserkraftnutzung und Umweltschutz

Den Vorzügen der Wasserkraft als erneuerbare Energie steht immer der Eingriff in das Ökosystem gegenüber:

Jedes Kraftwerk an einem Fließgewässer beeinträchtigt die natürliche Funktion und Dynamik des betroffenen Lebensraums. Wasser wird ausgeleitet und/oder angestaut, Fließstrecken werden unterbrochen, die Abflussdynamik verändert, die Fischwanderung unterbunden (weswegen der Lachs im Hochrhein ausgestorben ist) oder Geschiebe wird zurückgehalten und fehlt dann in den darunterliegenden Strecken.

Wird Wasser bei einer Entnahmestelle aus dem Bachbett abgeleitet und an weiter flussabwärts gelegenen Punkten wieder ins Gewässer zurückgeleitet, entsteht eine Restwasserstrecke. In diesen Abschnitten verbleibt nur ein Bruchteil der natürlichen Wassermenge im Flussbett - in den schwerwiegendsten Fällen gar keins. Das Gewässerschutzgesetz von 1992 sieht für solche Wasserfassungen ohne Restwasserabgabe eine Sanierung bis 2012 vor. Leider zieht sich der Vollzug aber hin, wie eine Zusammenstellung des BAFU vom Februar 2012 gezeigt hat. So beeinträchtigen heute über 1300 Restwasserstrecken mit einer Gesamtlänge von etwa 2700 km unsere Gewässer. Hinzu kommt die Problematik von Schwall und Sunk, wobei sich Abflüsse bei der Wasserrückgabe aus Speicherkraftwerken rasch ändern. Die unnatürliche Dynamik, die durch diesen Schwallbetrieb entsteht, führt nachweislich zu einer biologischen Verarmung der betroffenen Gewässer. Laich wird abgeschwemmt, Fische und Kleinlebewesen können an Land gespült werden. In der Schweiz gibt es heute über 90 mittlere und grössere Zentralen, die Schwall verursachen. (Quelle: [CASANOVA \(2013\)](#)).

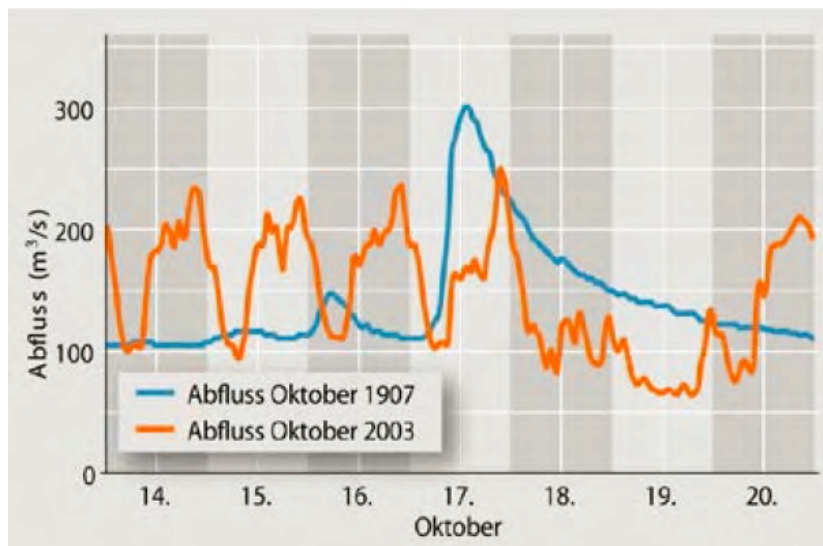


Abb. 7.8: Abfluss der Rhone bei Vouvry vor und nach dem Bau der grossen Talsperren (Quelle: [WÜEST \(2011\)](#))

7.6.3 Vorfall an der Spöl

Im April 2013 ereignete sich ein Zwischenfall bei dem der Restwasserwildbach Spöl, der sehr wenig Wasser führte, da die Dotieranlage, welche das Dotierwasser in den Bach eingibt, ausgefal-

len war. Die Kraftwerksbetreiber reagierten darauf und führten mehr Wasser hinzu, welches aber sehr schlammhaltig war und den grössten Teil der Wildbachfauna abtötete. Das Fischsterben im Wildbach Spöl im Nationalpark war ein grosser Rückschlag für die Renaturierung eines typischen „Restwasser“-Bachs. Der Spöl galt bislang als Beispiel dafür, wie sich Stromproduktion und Ökologie vereinen lassen.

Der Bau des Livigno-Staudamms im Jahr 1970 hatte für den früheren Wildbach Spöl zur Folge, dass er zum Rinnsal wurde. Seit dem Jahr 2000 wurde nun die konstante Restwassermenge im Rahmen der Studie ein- bis dreimal pro Jahr für einige Stunden bis Tage durch künstliche Flutungen unterbrochen. (Quelle: [TAGESANZEIGER \(2013\)](#))

7.7 Gletscherrückgang und Glaziale Hydrologie

Gletscher sind grosse Süswasserspeicher und bedeutende Wasserzulieferer für Flusssysteme. Seit 1850 ist jedoch ein genereller Gletscherschwund, visuell wie auch in der Massenbilanz, zu beobachten. So hat sich der Grosse Aletschgletscher von 1870 bis 2012 um 2800 Meter zurückgezogen und weist heute höhere Rückzugsgeschwindigkeiten als in früheren Dekaden auf. Szenarien für das Jahr 2100 zeigen bei einer durchschnittlichen Erwärmung der Lufttemperatur von 3 °C eine Abschmelzung von 80 Prozent gegenüber den heutigen Werten. Die veränderte Massenbilanz der Gletscher beeinflusst das Abflussverhalten wesentlich. In stark vergletscherten Gebieten wird das Jahresabflussvolumen vorübergehend ansteigen, langfristig gesehen sinkt es jedoch. Gletscher weisen im Allgemeinen eine starke Variation des Abflusses über das Jahr auf. Grundsätzlich wird zwischen nivalen und glazialen Abfluss und deren Kombinationen unterschieden. In Zukunft wird sich das saisonale Abflussmaximum vom Sommer auf den Spätfrühling verschieben.

Der Gletscher wird in die 3 Reservoirs, Firn, Schnee und Eis gegliedert. Diese zeigen verschiedene Schmelz- und Abflussverhalten und reagieren unterschiedlich bezüglich der Drainierungsgeschwindigkeiten. Das auftretende Oberflächenschmelzwasser wird durch das glaziale Drainagesystem (Gletschermühlen) in den Gletscher geleitet. Hier entwickelt sich ein subglaziales Entwässerungssystem. Der verteilte Wasserfluss innerhalb des Gletschers führt zu der Ausbildung von Kanalsystemen und späteren Netzwerken und Hauptkanälen. Oberflächenwasser kann auch zu Seebildungen führen. Da das Eis nur zeitweilig eine gute Funktion der Wasserrückhaltung erfüllen kann, folgt ein Ausbruch des Gletschersees durch eine Vergrösserung der Fliesswege oder im selteneren Fall, eine Flotation (Anhebung) des Gletschers. So bildet sich auf dem Gornergletscher zeitweilen ein Gletschersee mit 4 Mio. m³ Wasser. Durch plötzliches Ausbrechen können erhebliche Schäden im Flussunterlauf entstehen. (Quelle: Vorlesung Alpine Cryosphere HS 2013 Fribourg)



8 — Geologie

8.1 Einleitung

Durch die Alpenfaltung gerieten sehr unterschiedliche Gesteine in unmittelbare Nachbarschaft ([PFIFFNER, unveröffentlicht](#)), unser Exkursionsgebiet ist ein eindruckliches Beispiel dafür. Die aufgeschlossenen Gesteine der Penninischen Decken sind Zeugen ihrer Jahrmillionen alten Geschichte und der komplexen Prozesse der Alpenfaltung.

Unsere Wanderung begannen wir in Thusis, den Untergrund bilden hier die Bündnerschiefer der Tomül-Decke, welche einerseits den durch Rutschungen geprägten Heinzenberg (Halt 1: Burg Hohenrhätien) andererseits aber auch die steilen Wände der Via-Mala-Schlucht (Halt 2: Via Mala) aufbauen. Mit dem Bus fuhren wir durch den Tomül-Flysch und die Schamserdecken nach Andeer (Halt 3: Steinbruch Conrad AG), welches in der kristallinen Surettadecke liegt. Hier werden die Gneise der Suretta-Decke als Rophna-Porphyr abgebaut. Aber auch Erze wurden früher in der Region dem Gestein entnommen. Das in den Schamser-Decken gelegene Mathon war Ausgangspunkt für eine Wanderung durch den Tomül-Flysch und die jurassischen, krezanischen und triadischen Sedimente der Schamser-Decken (Halt 4: Farcletta digl Lai Pintg, Halt 5: Lai da Vons, Halt 6: Vizan Brekzie) und führte uns am Ende wieder in die Gneise der Suretta-Decke (Halt 5: Lai da Vons). Der Weg über den Splügenpass (Halt 7) führte uns über Sedimentgesteine der Splügen-Zone zwischen den kristallinen Gesteinen der Tambo und Suretta-Decke hindurch, welche links und rechts um uns mächtige Gipfel aufbauen. Entlang der Sedimente, welche die Tambo- und die Suretta-Decke voneinander trennen, haben die Gletscher ein mächtiges Tal eingeschnitten. Durch die teils stark metamorphen Gneise und den permischen Verrucano, führte uns unsere Wanderung schlussendlich in die Ophiolith-Zone von Chiavenna, wo im Park Marmitta-dei-Giganti (Halt 8) eindruckliche glaziale Phänomene zu entdecken sind.

⁰Kapitel verfasst von: Sophie Mösch, Sabine Probst und Elias Willimann

An den zuvor benannten Haltepunkten wird im Folgenden versucht, einen Überblick über die Geologie des Exkursionsgebietes und der jeweiligen Entstehungsgeschichte zu geben.

8.2 Tektonik des Untersuchungsraums

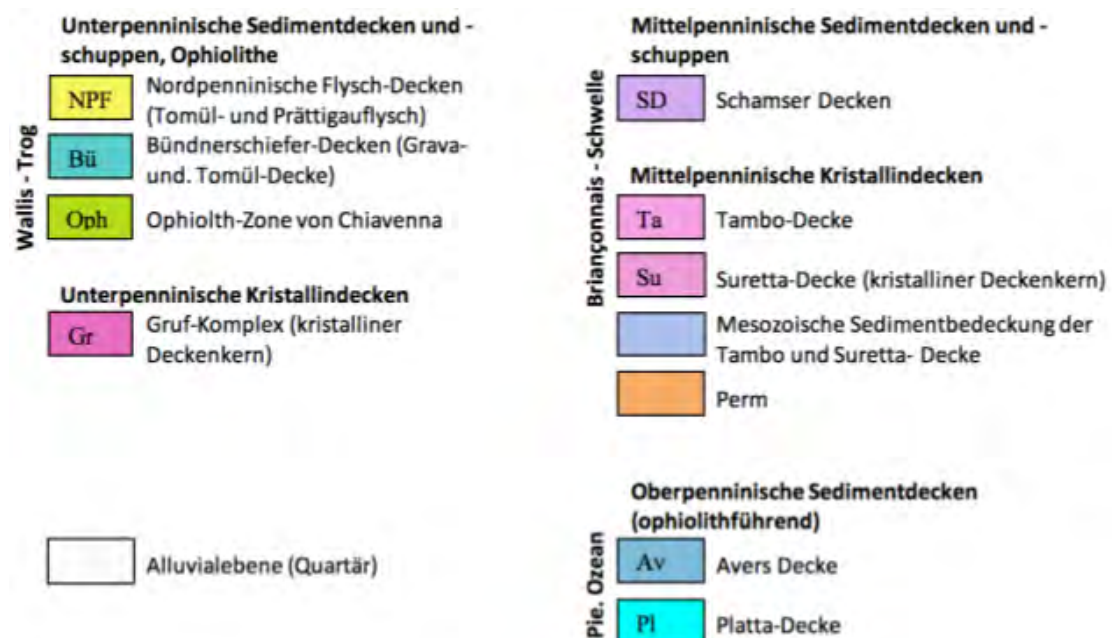


Abb. 8.1: Legende zur Tektonischen Karte des Exkursionsgebietes (Ausschnitt aus der tektonischen Karte der Schweiz)



Abb. 8.2: Tektonik des Exkursionsgebietes (Ausschnitt aus der tektonischen Karte der Schweiz)

8.3 Nolla-Ton

Die Bündnerschiefer der Tomül-Decke (Abb. 8.3) wurden vor allem in der Kreide in einer Tiefe von 200-4000m im Penninischen Ozean abgelagert (PFIFFNER, 2010). Sie bestehen aus Wechsellagerungen von mehreren Zentimeter bis Dezimeter mächtigen sandig-kalkigen Bänken und Schieferlagen, partiell sind auch turbiditische Sandsteinbänke zu beobachten (PFIFFNER, 2010). Gewisse Lagen sind toniger, bspw. die Nollaton-Formation (Abb. 8.3), welche grosse Anteile organischen Kohlenstoff enthält und deshalb eine schwarze Färbung hat (PFIFFNER, 2010). In der Kreide vor rund 100 Mio. Jahren fand eine drastische Erwärmung des Erdklimas statt, dadurch kam die Ozeanzirkulation zum Erliegen. Als Folge dieses Stillstandes kam es zu anoxischen Bedingungen und es sammelte sich Faulschlamm auf dem Grund der Meere an, der Nolla-Ton ist Zeuge dieser Katastrophe (PFIFFNER, unveröffentlicht). Die Tonablagerungen wurden während der Alpenbildung verfestigt und liegen heute als Tonschiefer vor.

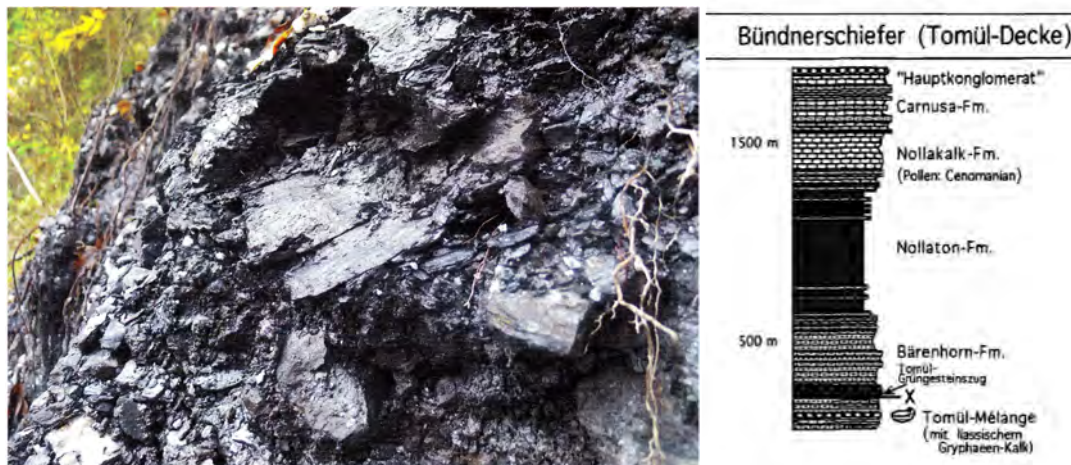


Abb. 8.3: Links: Nollatonschiefer am Heinzerberg (PFIFFNER, unveröffentlicht); Rechts: Schematisches Profil durch die Tomül-Decke (JÄCKLI, 1941).

„Die Nollatonschiefer verwittern leicht, sind aber wasserundurchlässig. Dadurch sammelt sich das Regenwasser in den obersten Schichten an und verursacht eine breiige Masse. Da die Schichten am Heinzenberg nach Osten einfallen, rutscht der ganze Hang langsam talwärts. Dadurch entsteht die unruhige Topographie. Am obersten Teil des Hangs, am Grat, bricht der Berg auseinander. Dadurch bilden sich lokale Depressionen, die mit Wasser gefüllt werden. Zeugen davon sind neben dem Bischofsee und dem Pascuminersee die vielen weiteren kleinen Tümpel und Moore. Im Falle des ehemaligen Lütcher Sees befürchtete man, dass das Wasser den Rutschungsprozess beschleunigt. Weiter bestand die Gefahr eines Ausbruchs auf der rutschenden Unterlage, weshalb der See anno 1910 künstlich geleert werden musste“ (PFIFFNER, unveröffentlicht). Der Wildbach „Nolla“, der der Formation seinen Namen gibt, erodierte sich nach der Entwaldung des Heinzenberges sehr schnell in das weiche Gestein. „Schöne Wiesen sanken nämlich nach und nach in das Nolla-Tobel hinunter, Gebäude drohten zu stürzen und mussten abgetragen werden“ (LECHNER,

1897). Wegen dieser starken Bodenerosion wurden bei der Hinterrhein-Korrektion (1832-1892) Kolmationsfelder angelegt. Kolmationsfelder sind Überschwemmungsflächen auf denen sich bei Hochwasser (durch die Öffnung einer Schleuse) Schwebstoffe ablagern können. Dies diente der Düngung und Erhöhung von Landflächen (VISCER, 2003).

8.4 Via Mala

Hintergrundinformation

In die Via Mala-Schlucht führen 321 Steinstufen hinab. Neben der berühmten Wildener-Brücke aus dem Jahre 1739 befinden sich zwei alte Kavernen der Schweizer Armee, die heute als Inforama genutzt werden (VIAMALA, 2013).



Abb. 8.4: Links: Mächtige Bündnerschiefer-Wände in der Via Mala-Schlucht; Rechts: verfaltete Bündnerschiefer.

Via Mala bedeutet schlechter Weg. Die Schlucht wurde früher aufgrund ihres „schlechten“ Gesteins nur ungern von Reisenden passiert. Die vertikalen Bündnerschiefer-Wände (Abb. 8.4) werden durch die erosive Wirkung des Hinterrheins instabil (HSÜ UND BRIEGEL, 1991). Die tief eingegrabene Schlucht bildet das schwierigste Hindernis im Verlauf der Unteren Strasse von Chur zu den Alpenpässen Splügen und San Bernardino.

Geschichtlicher Abriss

Bereits im frühen Mittelalter war der Weg durch die Schlucht als Via Mala bekannt. Wenn auch gefürchtet, so war die Überwindung des strategisch wichtig gelegenen Hindernisses von grosser Bedeutung. In einem Friedensvertrag von 1219 wird das Passieren der Schlucht bereits erwähnt und ein ungehinderter und gesicherter Durchgang zugesichert. Der Unterhalt und der Ausbau des Weges durch die Schlucht erforderten grosse finanzielle und personelle Aufwände der zuständigen Gemeinden, diese wurden jedoch dank der strategisch wichtigen Lage der Via Mala-

Schlucht von Nachbartälern unterstützt. Aus dem Via Mala-Brief von 1473 lässt sich schliessen, dass die Schlucht zu diesem Zeitpunkt bereits mit kleinen, einachsigen Wagen passierbar war ([HOHENRÄTIEN.CH, 2008](#)). Eine geschickte Geschäftsführung liess die zuständigen Gemeinden der Via Mala-Schlucht auch die Zeit nach der Eröffnung der Gotthard-Route konkurrenzfähig überstehen. Die Wegstrecke wurde gut unterhalten und stetig ausgebaut, was die Marktposition sicherte ([VIAMALA, 2013](#)).

Bündnerschiefer

Der Ausdruck „Bündnerschiefer“ wurde 1936 von Studer eingeführt, um die schiefrigen Gesteine des Prättigau und des Domleschg zu bezeichnen und wurde später auf alle derartigen Gesteine im nördlichen und mittleren Graubünden ausgedehnt ([HSÜ UND BRIEGEL, 1991](#)). Bündnerschiefer wird in der Literatur als Synonym für Glanzschiefer verwendet und in französischer Sprache als schistes lustrés bezeichnet ([LABHART, 1995](#)).

Die Bündnerschiefer wurden im Jura und vor allem in der Kreidezeit im penninischen Wallistrog abgelagert. Die tonig-sandig-kalkige Abfolge wurde in einer Tiefe von 200–4000 m in einem tourbiditischen Milieu sedimentiert ([PFIFFNER, 2010](#)). Die Schichten liegen heute hauptsächlich als metamorphe, tonig-sandige Kalkphyllite vor ([PFIFFNER, 2010](#)). Die Bündnerschiefer bilden die hauptsächliche Füllung des Wallistrog, sie sind schwer zu gliedern und über 1000 Meter mächtig ([PFIFFNER, 2010](#)). Es kommen Wechsellagerungen von mehreren Zentimetern bis Dezimetern mächtigen sandig-kalkigen Bänken und Schieferlagen vor und partiell turbiditische Sandsteinbänke sind zu beobachten. Bei der Alpen Orogenese wurden diese Sedimente stark kompaktiert und teils verfaltet (Abb. 8.4).

Prättigau Flysch

Auf die Bündnerschiefer folgt Flysch, in unserem Exkursioinsgebiet der Tomül-Flysch (vgl. Abbildung 11, Profil D-C), welcher zur Tomül-Decke gehört. Er ist in der Via Mala-Schlucht und am Ostgrat des Beverins aufgeschlossen. Der Übergang von Bündnerschiefern zum Flysch ist kontinuierlich und deshalb schwer abzugrenzen ([PFIFFNER, 2010](#)), obwohl es sich um einen Gleithorizont handelt ([JÄCKLI, 1941](#)). Der Tomül-Flysch ist laut ([STEINMANN, 1994](#)) 150–200 m mächtig und stammt wahrscheinlich aus der späten Kreidezeit. Den Anfang macht das mehr als 40 m mächtige „Hauptkonglomerat“ (z.B. am Beverin E-Grat), welches aus einem ziemlich massigen Kalk mit Geröllen besteht ([JÄCKLI \(1941\)](#) und [PFIFFNER \(2010\)](#)). Die matrixgestützten Konglomerate werden ins Coniacian (späte Kreide) datiert ([PFIFFNER, 2010](#)). Nur im ausgewitterten Zustand sind einzelne Komponente gut zu erkennen ([JÄCKLI, 1941](#)). Der weitere krezanische Teil wird durch mächtige Abfolgen von Kalken, mergeligen und sandigen Kalken und Mergeln dominiert ([PFIFFNER, 2010](#)), der jüngere, paläozäne bis früheozäne Teil hat mehr Flyschcharakter und besteht aus Sandsteinen und Tonen. Laut [PFIFFNER \(2010\)](#) wurden die Sedimente aus Norden geschüttet.

8.5 Steinbruch Andeer

Andeerer Granit

Andeer ist bekannt durch den Export des grünen Rofna-Porphyr. Der Name kommt von der Rofnashlucht, durch welche der Hinterrhein südöstlich von Andeer fliesst. Der Rofna Porphyr ist ein Orthogneis, im Handel wird er jedoch Andeerer Granit oder Verde Andeer genannt ([TOSCANO AG, 2013](#)). Die, für Naturstein beinahe einzigartige, grüne Farbe erhält er durch die Glimmer Phengit (hellgrün) und Chlorit (dunkelgrün) ([WIKIPEDIA, 2013a](#)). Ausserdem sichtbar sind die rundlichen, bläulich-grauen Quarzkörnern von einigen Millimetern Grösse und weisse Alkalifeldspäte von oft mehreren Zentimetern Länge. Vor 300 Mio. Jahren (im frühen Karbon) intrudierte der Rofna-Porphyr als Granitporphyr in eine viel ältere und sehr uneinheitliche Gneismasse. Vor 50 Mio. Jahren (im Tertiär) wurde er während der alpinen Gebirgsbildung zu einem Orthogneis umgewandelt ([TOSCANO AG, 2013](#)).

In Andeer gibt es zwei Firmen die den Rofna-Porphyr abbauen, die Firma Toscano AG und Conrad. Der Fels in Andeer ist schräg gelagert, weshalb der Gneis auf zwei unterschiedliche Arten abgebaut werden kann. Längs der Schieferung können grosse, relativ glatte Platten mit „wolkiger“ Struktur entnommen werden. Wird er quer zur Schieferung abgebaut, ergeben sich Gneisblöcke mit streifiger Struktur und rauerer Oberfläche. Der Rofna-Porphyr ist international beliebt, hauptsächlich für die Herstellung von Grabsteinen. Die schieferige Textur bewirkt eine relativ gute Spaltfähigkeit und leichte Verarbeitbarkeit, welche in Verbindung mit der hellgrünen Farbe das Material zu einem beliebten Dekorations- und Denkmalstein gemacht hat. Da der Rofna-Porphyr eine äusserst grosse Widerstandsfähigkeit gegen Abrieb, Frost und Aggressoren wie Tausalze vorweist, wird er als schönes Baumaterial im Innen- und Aussenbereich als Boden, Treppen, Fassaden, Fensterbänke aber auch bei der Gartengestaltung verwendet. Die feineren Bruchstücke werden als Eisenbahnschotter und zur Beton Herstellung weiterverarbeitet ([TOSCANO AG, 2013](#)).

8.6 Bodenschätze

Einleitung

„Die Schweiz ist reich an armen Minen“ ([LABHART, 2005](#)). Hauptsächlich in den Kantonen Graubünden, Wallis, Uri und Bern gab es vom 15. bis ins 20. Jahrhundert eine Vielzahl von kleinen Minen und Bergwerken, in welchen Eisen, Blei, Kupfer, Silber oder Kohle gewonnen wurde. Viele Lagerstätten in der Schweiz sind durch die Gebirgsfaltung tektonisch gestört, die Erze sind mineralogisch komplex zusammengesetzt und deshalb von geringer Qualität und befinden sich oft an schwer zugänglichen Orten ([BELLWALD, 2006](#)). Dies hat hohe Transport- und Aufbereitungskosten zur Folge, so dass die meisten Bergwerke unrentabel waren und früher oder später schliessen mussten. Im 20. Jahrhundert wurden die einheimischen Bodenschätze vor allem während dem ersten und dem zweiten Weltkrieg wieder wichtiger und deren Abbau rentabler. Heute sind hauptsächlich nichtmetallische Rohstoffe wie Ton, Mergel, Kalkstein, Sand, Kies, Gips, Salz und Bausteine von Bedeutung ([LABHART, 2005](#)).

Südlich von Andeer, bei Auserferra und Innerferra gibt es zwei Schmelzen. Bereits der Name des Tals, Ferreratal, weist auf das Wissen um das Vorhandensein von Eisenerzen seit geraumer Zeit hin. Ab 1900 wurde eine neuere Anlage in Betrieb genommen und zur Kupfer- und Silbergewinnung genutzt ([WANNER, 2007b](#)). Wie auf Abbildung 8.5 zu sehen ist, führt die Route dieses Feldkurses an einigen weiteren Abbaustellen und Schmelzen vorbei.



Abb. 8.5: Übersicht Abbaustellen und Verhüttungsplätze im Kanton Graubünden ([KRÄHENBÜHL, 1892](#))

Gewinnung

Erzabbau – In früheren Bauepochen fand der Ausbruch des Gesteins mit Hilfe von Keilhaue, dem Wappensymbol der Gemeinden Inner- und Ausserferrera, statt. Kompakter Fels wurde durch Feuer gelockert. Dieses verursachte eine Ausdehnung des Gesteins. Bei der Abkühlung entstanden Risse und das Gestein konnte einfacher herausgehämmert werden. Diese Methode konnte aber nicht Untertags angewandt werden. Andere Sprengmethoden waren Holzkeile, welche nass gemacht wurden damit sie Anschwellen und den Fels sprengen und Frostsprengung. Später wurde mit Schwarzpulver gesprengt. Die Sprenglöcher mussten bis Ende des 19. Jahrhunderts von Hand gebohrt werden. Das Schwarzpulver wurde in Lederpatronen verpackt und in die Bohrlöcher geschoben. Mit einem Holzzapfen wurden die Löcher verschlossen. In der Mitte des Zapfens war ein kleines Loch durch das man eine Pulverbahn legte, die zum Anzünden der Patrone diente. Bei diesen Sprengungen geschahen sehr viele Unfälle.

Das gewonnene Erz musste dann aus den Stollen, ins Tal und zur nächsten Schmelze gebracht werden. In einigen Stollen richtete eine englische Firma Geleise und Stollenwagen ein, damit das Erz einfacher aus den Stollen gebracht werden konnte. Da sich die meisten Bergwerke an schwer zugänglichen Orten befanden, gestaltete sich der Transport der Erze zu den Schmelzen oft sehr aufwändig und gefährlich (STÄBLER, 1981).

Aufbereitung – Erz tritt immer mit Gangart auf. Dies sind Begleitminerale, die zusammen mit Erzmineralien Lagerstätten (Erzgänge) bilden. Um das Erz von der Gangart zu trennen, musste es gepocht werden. D.h. das Erz wurde zerkleinert: Eisenerz wurde in Zentimeter grosse Stücke und Buntmetallerze zu Sand zermalmt. Der Sand wurde danach in einer Art Sieb gewaschen. Dabei wurden die leichteren Gangart Bruchstücke weggeschwemmt, die Erze blieben im Sieb. Schliesslich mussten die Erzteilchen einer Röstung unterzogen werden, die das Ziel hatte, aus allen Metallkomplexen Metalloxide zu machen, da bei der Verhüttung nur Metalloxide von den Nichtmetallen getrennt werden können (STÄBLER, 1981).

Verhüttung – Die Verhüttung ist der letzte Schritt der Metallgewinnung. Durch möglichst grosse Hitze werden Nichtmetall-Teilchen von den Metall-Teilchen abgespalten. Metalloxide werden so, durch die Verbrennung von Holzkohle und später Steinkohle, mit Kohlenstoff zur Reaktion gebracht. Die Sauerstoffteilchen der Erze verbinden sich mit Kohlenstoff zu gasförmigem Kohlendioxid und zurück bleibt das reine Metall (STÄBLER, 1981).

8.7 Geologischer Überblick

Repetition: Bau der Alpen

„Die Alpen entstanden als Folge konvergenter Plattenbewegungen zwischen Baltica/Europa und Afrika-Arabia (Abb. 8.6). Dabei wurden die dazwischenliegenden Meeresbecken, der Piemont-Ozean und der Wallis-Trog, durch Subduktion geschlossen. Dies erfolgte in zwei getrennten Etappen. Der Piemont-Penninische Ozean wurde in der Kreide durch westlich gerichtete Sub-

duktion geschlossen, der Wallis-Trog im Känozoikum durch eine mehr N-S gerichtete Kollision zwischen dem Briançon-Mikrokontinent und dem adriatischen Kontinentalrand, später zwischen dem Briançon-Mikrokontinent und dem europäischen Kontinentalrand“ (PFIFFNER, 2010).

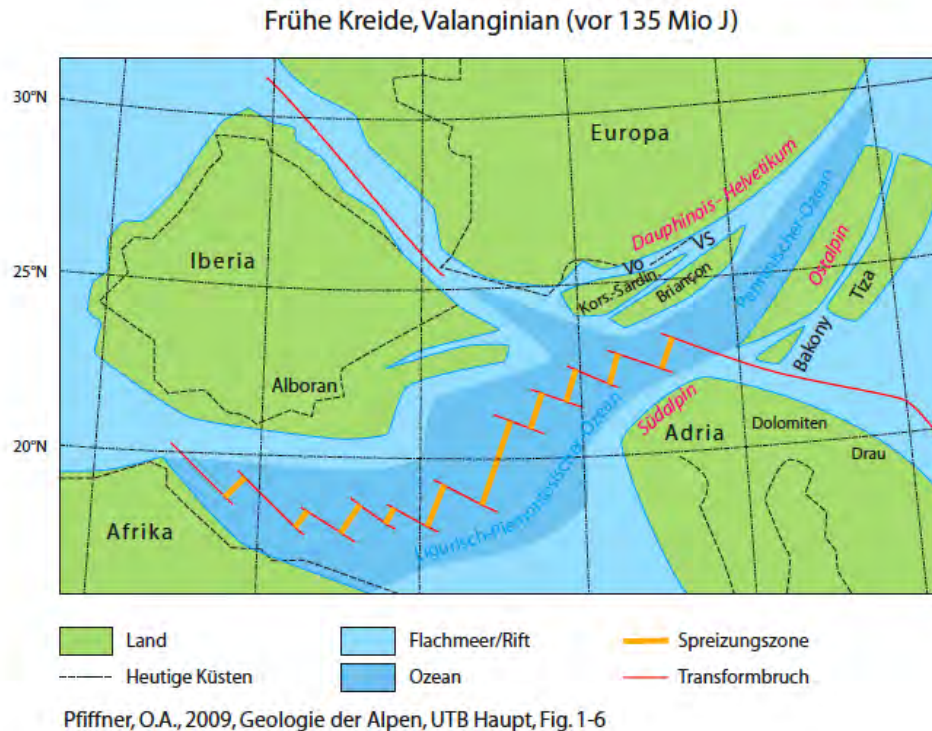


Abb. 8.6: Plattenrekonstruktion für das Valanginian vor ca. 135 Mio. Jahren (PFIFFNER, 2010).

Quer zur Gebirgskette werden die Alpen in drei tektonische Einheiten unterteilt. Die Einteilung geschieht durch den paläogeographischen Ablagerungsbereich der mesozoischen Sedimente (Abb. 8.7) dieser Einheiten (PFIFFNER, 2010). Durch diese Einteilung erhält man einen Gürtel von Einheiten, welche dem europäischen Kontinentalrand zugehören und am nördlichen Rand der Alpen aufgeschlossen sind, man nennt ihn Helvetikum, bzw. Dauphinois (PFIFFNER, 2010). Als Penninikum bezeichnet man einen weiteren Gürtel von Gesteinseinheiten, welcher in einer alpeninternen Position aufgeschlossen ist, die dazugehörigen Sedimente wurden in den Meeresbecken zwischen dem europäischen und dem adriatischen Kontinentalrand abgelagert. Ein dritter Gürtel, welcher im südlichen Teil der Alpen zu finden ist wird als Ostalpin und Südalpin bezeichnet, die entsprechenden mesozoischen Sedimenten wurden auf dem adriatischen Kontinentalrand abgelagert (PFIFFNER, 2010).

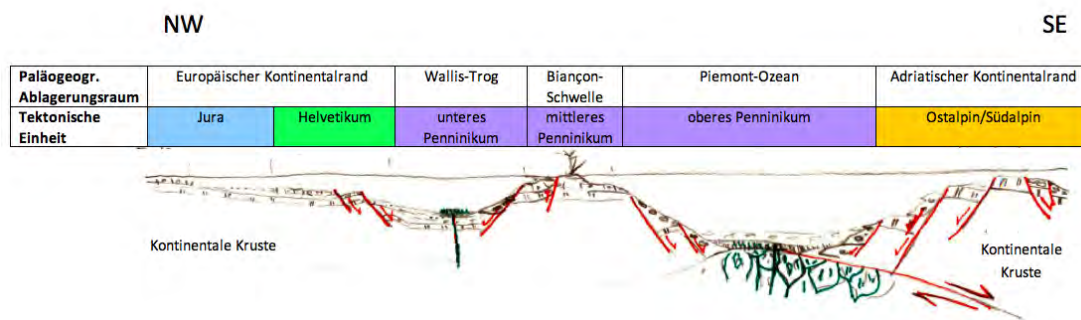


Abb. 8.7: Skizze der Meeresarme zwischen Baltica (Europa) und dem adriatischen Subkontinent (nach [PFIFFNER \(2011\)](#), geändert.)

„Generell gesehen liegt das Penninikum auf dem Helvetikum und das Ostalpin auf dem Penninikum. Es handelt sich bei diesen Einheiten um eigentliche Deckenkomplexe, die als relativ dünne Gesteinspakete bezüglich ihrer Unterlage über hunderte von Kilometern transportiert wurden“ ([PFIFFNER, 2010](#)). Über Jahrmlionen wurden die Deckenkomplexe erodiert, deshalb sind das Ostalpin in den Westalpen und das Penninikum in den Nordwestalpen nur noch als Schollen vorhanden. Die Abbildung 8.8 zeigt die heutige Lage der Deckenkomplexe.



Abb. 8.8: Tektonische Karte Zentraleuropas ([PFIFFNER, 2010](#)).

Da sich unser Exkursionsgebiet in den penninischen Decken befindet, wird im Folgenden noch genauer auf diesen Deckenkomplex eingegangen.

Penninikum

Das Penninikum wird in unter-, mittel- und oberpenninische Decken gegliedert, dies geschieht wiederum aufgrund der paläogeographischen Herkunft (Ablagerungsraum) der mesozoischen Gesteine innerhalb der Decken (vgl. Abb. 8.7 und 8.8). „Die Sedimente des Wallis-Trogs bilden die unterpenninischen Decken“ (PFIFFNER, 2010). Diese Sedimente wurden auf der ausgedünnten kontinentalen Kruste des europäischen Kontinentalrandes abgelagert. Der oberste Teil dieser Kruste (Kristallin) wurde ebenfalls in den Deckenbau einbezogen und bildet heute bspw. die Simano-, Adula- und Antigorio-Decke. Die mittelpenninischen Decken stammen aus dem Bereich der Briançon-Schwelle, und auch hier bilden die mesozoischen Sedimente einen eigenen Deckenstapel (bspw. die Klippen-Decke), der von der ursprünglichen kristallinen Unterlage abgesichert wurde (PFIFFNER, 2010). Aber auch hier wurde die kristalline Unterlage in den Deckenbau miteinbezogen, wie dies etwa der Bernhard-Deckenkomplex und die Tambo- und Suretta-Decke in der Ostschweiz zeigen. Die oberpenninischen Decken werden aus den Sedimenten des ehemaligen Piemont-Ozeans aufgebaut. Die Gesteine wurden bereits im Mesozoikum durch Transformbrüche und synsedimentäre Abschiebungen zerhackt und wurden bei der Gebirgsbildung in Schollen zerlegt (PFIFFNER, 2010). Dies führte zu der komplexen Innenstruktur der oberpenninischen Decken. Es sind jedoch lokal auch grössere ophiolithische Komplexe mit Serpentiniten, Gabbros und Basalten aufgeschlossen (bspw. Platta-Decke, Zone von Saas-Zermatt), welche neu gebildete ozeanische Kruste und den exhumierten Mantel darstellen (PFIFFNER, 2010). Andernorts sind grössere Komplexe von mesozoischen Sedimenten zu erkennen, die aber meist mit mafischen oder ultramafischen Gesteinen verknüpft sind (Avers Bündnerschiefer). Oft liegt aber ein Gemisch von verschiedenartigen Gesteinen vor, die sogar kontinentale Kruste und deren Sedimente enthalten können (z.B. Simmen-Decke) (PFIFFNER, 2010).

In Abbildung 8.9 sind die Sedimentabfolgen des Penninikums schematisch dargestellt.



Abb. 8.10: Geschieferte Kalksteine beim Lai Pintg. Fotografiert während der Exkursion. Foto: Elias Willmann.

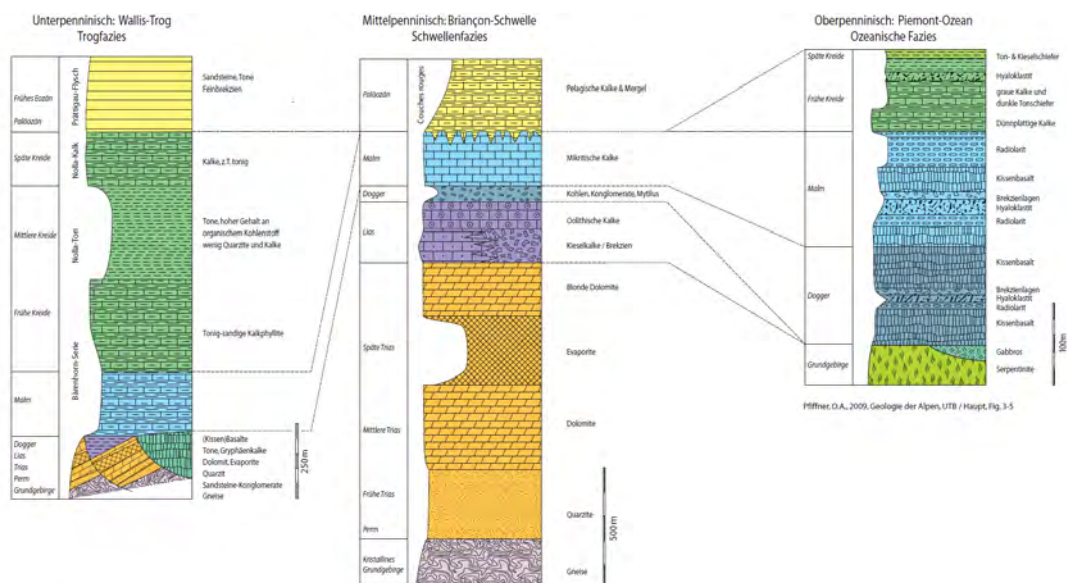


Abb. 8.9: Schematische Übersicht der mesozoischen Sedimentabfolgen im Penninikum ([PFIFFNER](#), [unveröffentlicht](#)).

Geologie der Region

Die Farcletta digl Lai Pintg (Titelbild, unten) befindet sich in den Schamser-Decken (Gurschus-Kalkberg Decke), also in den Sedimenten der Briançon-Schwelle (Mittelpenninikum). Diese Sedimente wurden vor rund 250-65 Mio. Jahren auf das Kristallin der Tambo- und teils Suretta-Decke, welche die Gipfel westlich und östlich des Splügenpasses aufbauen, abgelagert ([HSÜ UND BRIEGEL, 1991](#)). Die Sedimente der Schamser-Decken beinhalten Dolomite, Brekzien, Kalke (vgl. Abb. 8.10) und Mergel (vgl. Abb. 8.9).

Dolomit bildet die Gipfel der Grauhörner westlich von uns. Die Muttolta nordwestlich von uns besteht aus Vizanbrekzie. Die Gipfel werden von Schuttschürzen gesäumt. Rund um den Lai Grand bilden Moränenschotter den Untergrund ([KOMMISSION, 1971](#)). Gegen Südosten ist Sufers und dahinter der Splügenpass zu sehen. Rechts vom Splügenpass bildet das Kristallin der Tambo-Decke (vgl. Abb. 8.11) den Piz Tambo. Das Surettahorn links des Splügenpasses bildet die Suretta-Decke, welche auch in Andeer (Rophna-Porphyr) aufgeschlossen ist. Beide Decken



Abb. 8.11: Augengneis beim Lago Nero. Fotografiert während der Exkursion.
Foto: Elias Willimann.

bestehen mehrheitlich aus Gneisen und Metagranitoiden und werden zum Mittelpenninikum gezählt. Dazwischen befinden sich triadische und krezanische Sedimente die hauptsächlich zur Suretta-Decke gehören (vgl. Abb. 8.12) ([PFIFFNER, unveröffentlicht](#)).

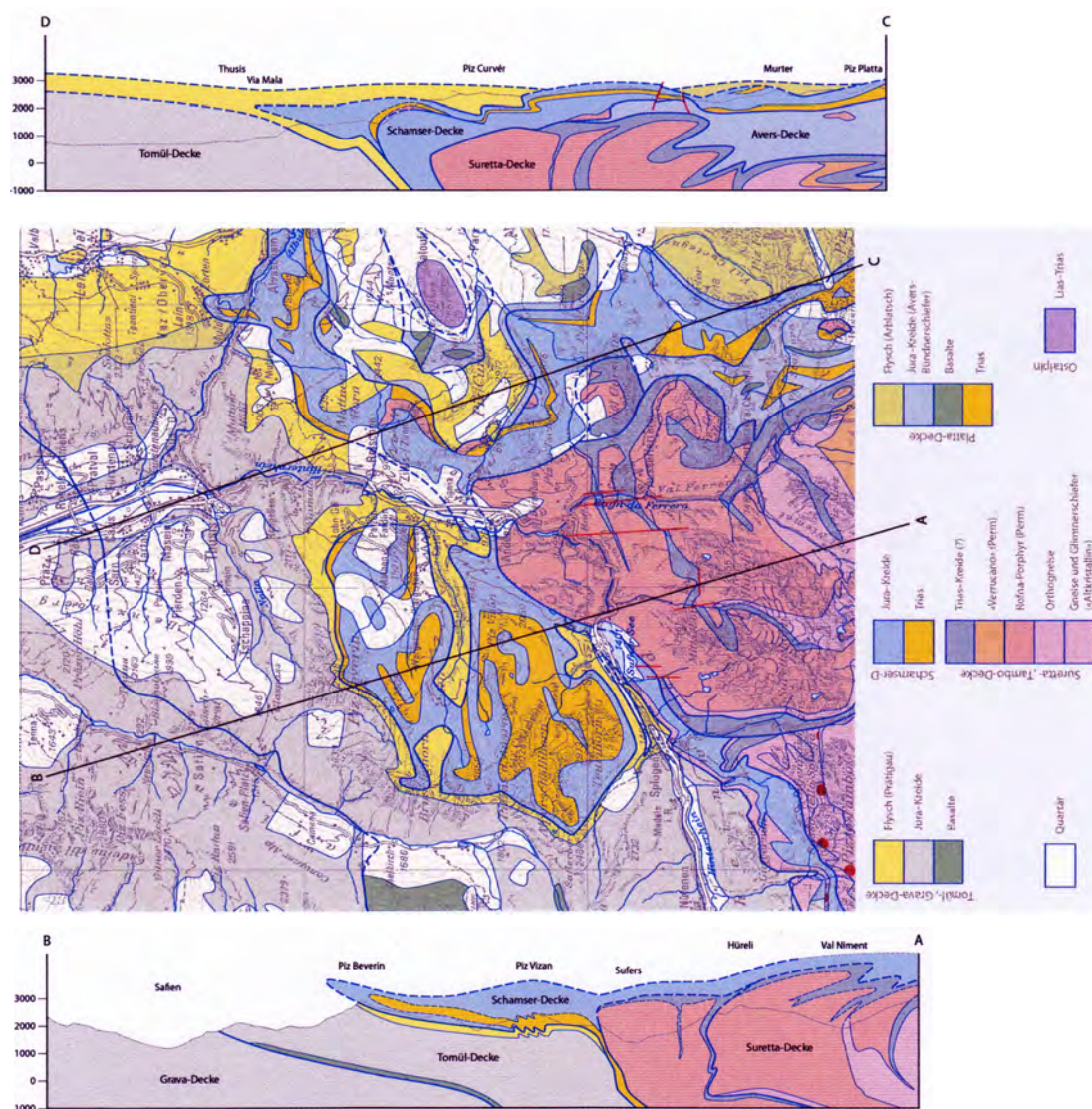


Abb. 8.12: Geologische Karte und Profile durch die penninischen Decken (PFIFFNER, unveröffentlicht).

8.8 Lai da Vons

Einleitung

Der See „Lai da Vons“ liegt an der Kontaktstelle zwischen den sedimentär abgelagerten Schamser-Decken und der kristallinen Suretta-Decke (Abb. 8.14). Vom See aus betrachtet in östlicher bis südöstlicher Richtung, nimmt die Geländeneigung stark zu. Dies zeigt den Übergang der sedimentären Schamser-Decken zur kristallinen Suretta-Decke. Die kristalline Decke wurde über die Jahre hinweg weniger stark erodiert, weshalb sie als Grat über die weichen und stärker erodierten Schamser-Decken herausragt. Während der Alpenfaltung wurden die auf den kristallinen Unterlagen gebildeten Sedimentgesteine abgeschert, übereinander getürmt und als Sedimentdecken verfaultet. Anschließend wurden auch die Kristallingesteine, hier am Beispiel

der Suretta-Decke, zusammengestaucht und in Falten gelegt. Die mechanisch starrereren Kristalline Gesteine sind im späteren Verlauf der Alpenbildung in die Schamser-Decken hineingefahren und haben die weicheren Sedimentgesteine in Richtung Norden gestossen. Während dieses Vorgangs wurden die beteiligten Decken intern wiederum stark verfaltet (PFIFFNER, unveröffentlicht).

Schamser Decke - sedimentär

Die Schamser Decken stammen vom Nordrand des Briançonnais-Kontinents beim Übergang zum Wallis-Becken (FROITZHEIM, 2013). Sie setzen sich aus mehreren Abscherungspaketen der Sedimentbedeckung der Tambo- und Suretta-Decke zusammen und enthalten kleine Resten von Kristallin. Die Schichtfolge der Schamser-Decken reicht bis in die Oberkreide zurück. Die sedimentären Abscherungspakete wurden während der Alpenbildung verfrachtet, weshalb sich die Sedimentmassen nicht mehr an ihrem Entstehungsort befinden und somit allochthon sind (FROITZHEIM, 2013).

Suretta-Decke - kristallin

Die Suretta-Decke ist mittelpenninischen Ursprungs. Ihre Gesteine bestehen aus Gneisen, Quarziten, Marmoren und Bündnerschiefern (HSÜ UND BRIEGEL, 1991). Die kristalline Decke besteht aus einer 4-5 km dicken Platte, welche in ihrem südlichen Teil durch starke alpine Metamorphose geprägt wurde. Die Überschiebung der Suretta-Decke beträgt 45–50 km (LABHART, 1995).

Brekzie

Als Brekzie werden sedimentäre, vulkanische, diagenetische und tektonische Gesteine mit eingeschlossenen, kantigen und gebrochenen Komponenten bezeichnet. Diese Komponenten weisen einen Korndurchmesser von grösser 2mm auf und können aus Bruchstücken unterschiedlicher Gesteinsarten bestehen (Schorn). Die Vizan-Brekzie, welche in der Region um den See „Lai Da Vons“ anzutreffen ist (Abb. 8.13), wird den sedimentären Brekzien zugeordnet. Sie wurde an einem steilen untermeerischen Hang auf der Briançon-Schwelle gebildet, an dem kleine und grosse Steine hinunterrollten und anschliessend verfestigt wurden (PFIFFNER, unveröffentlicht). Diese steilen untermeerischen Hänge entstanden beim Zerbrechen von Pangäa vor 200 Mio. Jahren im Lias, die Bruchstücke drifteten auseinander und die Zwischenräume wurden vom Meer überflutet (PFIFFNER, unveröffentlicht).

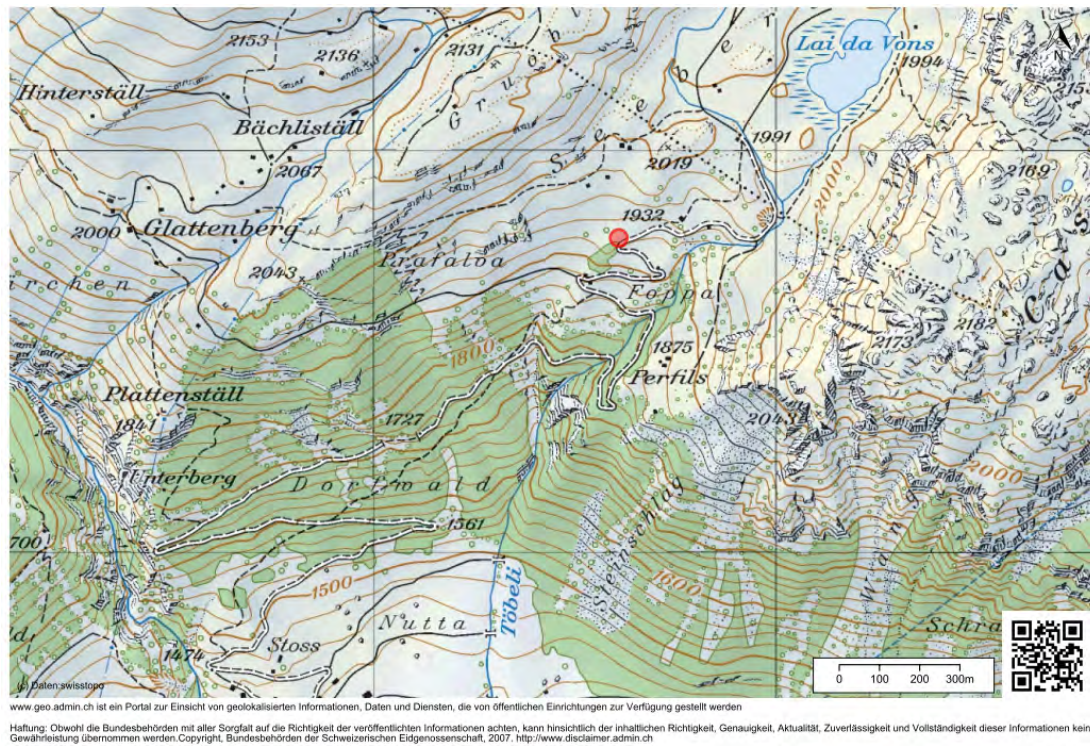
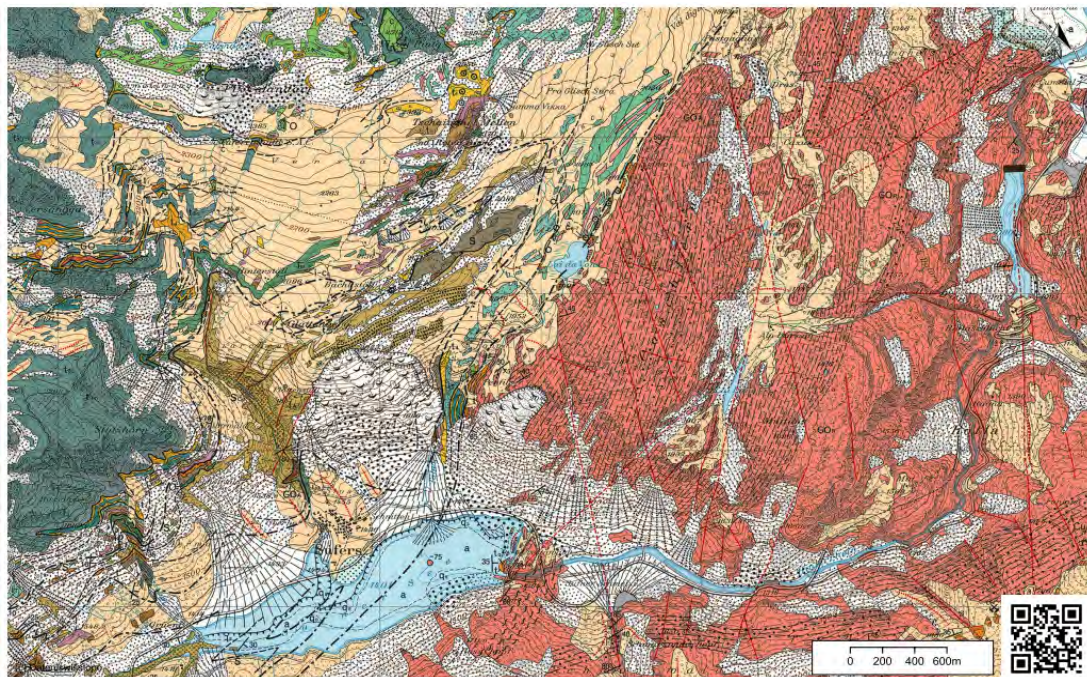


Abb. 8.13: Standort einer Brekzie in der Nähe des Lai da Vons ([SWISSTOPO, 2013](#)).



www.geo.admin.ch ist ein Portal zur Einsicht von geolokalisierten Informationen, Daten und Diensten, die von öffentlichen Einrichtungen zur Verfügung gestellt werden

Haftung: Obwohl die Bundesbehörden mit aller Sorgfalt auf die Richtigkeit der veröffentlichten Informationen achten, kann hinsichtlich der inhaltlichen Richtigkeit, Genauigkeit, Aktualität, Zuverlässigkeit und Vollständigkeit dieser Informationen keine Gewährleistung übernommen werden. Copyright, Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 2007. <http://www.disclaimer.admin.ch>

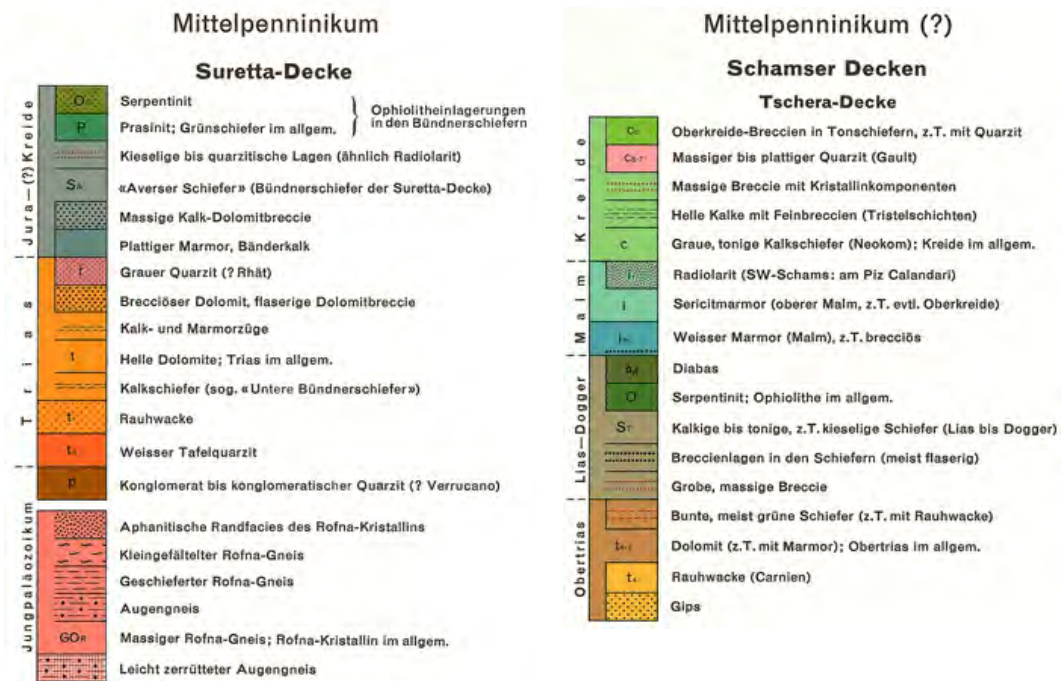


Abb. 8.14: Geologische Karte der Region um den Lai da Vons (KOMMISSION, 1971).

8.9 Splügenpass

Geologisches

Der Splügenpass fügt sich als Mulde zwischen die Bergketten mit Piz Tambo und Surettahorn ein. Diese Mulde ist eine tektonisch stark beanspruchte, von Norden nach Süden verlaufende Sedimentzone ([LABHART, 1995](#)), auch Splügenzone genannt (siehe Titelbild oben, Blick vom Lago Nero Richtung Madesimo). Sie wird auf der einen Seite von der Tambo-Decke (Piz Tambo) und auf der anderen von der Suretta-Decke (Surettahorn) begrenzt (Abb. 8.16). Die Tambo- und Suretta-Decke setzen sich aus prä-triadischem Kristallin zusammen ([PFIFFNER, 2010](#)), weshalb sie im Vergleich zur Splügenzone resistenter gegenüber erosiven Prozessen sind.



Abb. 8.15: Blick vom Lago Nero Richtung Madesimo. Fotografiert während der Exkursion.

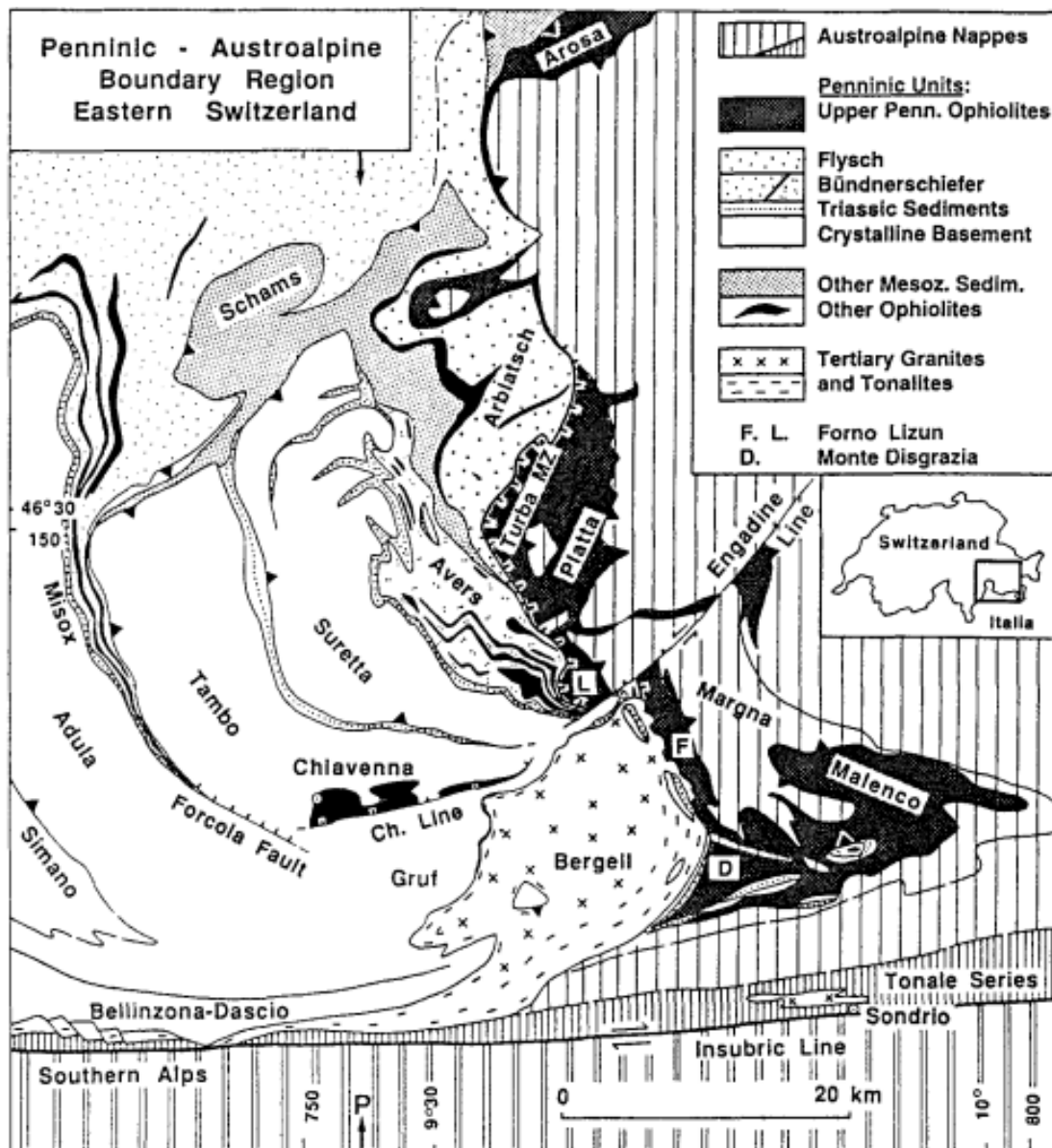


Abb. 8.16: Penninikum - Tambo- und Suretta-Decke (NIEVERGELT ET AL., 1996).

Historisches

1815 brach in Indonesien auf der Insel Sumbawa der Vulkan Tambora aus. Aschepartikel verbreiteten sich in der Atmosphäre und verhinderten teilweise das Eintreten von wärmender Sonneneinstrahlung. Diese fehlende Wärmeenergie führte 1816 zu einem Jahr ohne Sommer, auch in Europa. Der fehlende Sommer hinterliess hauptsächlich auf der Alpennordseite verheerende Spuren, da diessseits der Alpen die Vegetationszeit auch in regulären Jahren kurz war und ein Rückgang der Sommermitteltemperatur um wenige Grade bereits starke Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktionsmenge hatte. Die Ernteauffälle führten zu Hungersnöten und weltweit zum Tod von nahezu 90'000 Menschen (PRESS UND SIEVER, 2008). In Europa gab es grosse Hungersnöte auf der Alpennordseite. Dadurch wurden die Alpenpässe als Nadelöhre

zwischen Norden und Süden sehr wichtig. Zahlreiche Maultiere transportierten Lebensmittel aus der Lombardei nach Norden, wodurch die Passstrassen überlastet wurden. Deshalb beschloss der Kaiser von Österreich finanziell einzugreifen und den Weg über den Splügenpass auszubauen, damit er für Fuhrwerke passierbar wurde. Wenige Jahre später wurden Galerien errichtet, damit die Passstrasse auch im Winter genutzt werden konnte. Aufgrund dessen konnte der Lebensmittelimport aus dem Süden stark gesteigert werden. Die Galerien sind in ihrer Form heute noch ersichtlich ([GROSJEAN, 2013](#)).

8.10 Hydrogeologie

Die Hydrogeologie befasst sich mit dem Wasser in der Erdkruste. Die Definition des Grundwassers nach DIN 4049 lautet: „Unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschliesslich oder nahezu ausschliesslich durch die Schwerkraft und den durch die Bewegung selbst ausgelösten Reibungskräften bestimmt wird“ ([HÖLTING UND COLDEWEY, 2009](#)). Die Hydrogeologie ist eine angewandte Disziplin mit zwei Unterdisziplinen. Die Geohydraulik erforscht die Bewegung des Grundwassers im Untergrund und die Hydrogeochemie befasst sich mit der chemischen Zusammensetzung des Wassers. Die wesentlichen Aufgaben der Hydrogeologie sind die Erkundung von potentiellen Grundwasservorräten, die Absicherung von Grundwasservorräten in qualitativer und quantitativer Hinsicht, die Ermittlung der Grundwasserneubildung, das Grundwassermanagement z.B. durch Ausweisung und Überwachung von Trinkwasserschutzgebieten, die Sanierung von Grundwasserkontaminationen, die Modellierung von Grundwasserströmung und der Transport im Grundwasser sowie hydrogeologische Beratung bei Bauvorhaben (Bemessung von Grundwasserhaltungen) ([WIKIPEDIA, 2013c](#)).

Die Grundlagen für Hydrogeologische Untersuchungen bilden geologische Karten, Ergebnisse von Bohrungen und dreidimensionale Modelle des geologischen Untergrundes. Methoden zur Erkundung und Überwachung (Monitoring) des Grundwassers sind Fernerkundung (remote sensing), Bohrungen, Grundwassermessstellen, Pumpversuche, Laborversuche und die wasserchemische Analytik ([WIKIPEDIA, 2013c](#)).

Das Vorkommen und die Qualität des Grundwassers sind stark vom Untergrund abhängig. Ist das Gestein gut wasserdurchlässig, fliesst das Wasser schnell ab und es gibt keinen grossen Filtrationseffekt ([HÖLTING UND COLDEWEY, 2009](#)).

In der Schweiz werden mehr als 80 % des Trink- und Brauchwassers aus Grundwasservorkommen gewonnen ([BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU, 2012a](#)). Die hydrogeologische Karte von Thuisis bis Chiavenna zeigt eher spärliche Grundwasservorkommen (Abb. 8.17). Zudem ist in der Karte „Vulnerabilität der Grundwasservorkommen“ (Abb. 8.18) sichtbar, dass die Grundwasservorkommen zwischen Thuisis und Splügenpass eine hohe bis sehr hohe Vulnerabilität, d.h. geringe Schutzwirkung hinsichtlich einer externen Beeinträchtigung und ein hohes Ausbreitungsvermögen aufweisen. Um zu verhindern, dass diese Ressource durch menschliche Aktivitäten verschmutzt wird, sind Schutzmassnahmen notwendig. In der Schweiz werden abhängig von der Distanz zur Grundwasserfassung und der Beschaffenheit des Untergrundes drei verschiedene

Schutzzonen eingeteilt ([BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU, 2012b](#)):

1. Fassungsbereich S1

Die Zone S1 umfasst die unmittelbare Umgebung einer Grundwasserfassung bzw. einer Anlage zur Grundwasseranreicherung (mindestens 10 m um die Fassung und um die Fassungsstränge). In der S1 sind nur Eingriffe und Tätigkeiten erlaubt, die der Trinkwasserversorgung dienen. Damit sollen Beschädigungen der Anlage oder direkte Verschmutzungen des gefassten Wassers verhindert werden. Die Zone S1 sollte deshalb vom Trinkwasserversorger erworben und eingezäunt werden ([BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU, 2012b](#)).

2. Engere Schutzzone S2

Die engere Schutzzone S2 soll vor allem sicherstellen, dass keine krankheitserregenden Mikroorganismen ins Trinkwasser gelangen und das Grundwasser auf der letzten Fließstrecke bis zur Fassung nicht nachteilig beeinflusst oder behindert wird. Es ist dort deshalb grundsätzlich verboten, Gülle auszubringen. Die Versickerung von Abwasser sowie der Einsatz gewisser Pflanzenschutzmittel sind ebenfalls nicht zulässig. Ausserdem gilt ein Bauverbot ([BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU, 2012b](#)). Die Kriterien für die Bemessung der Zone S2 variieren je nach dem ob sich die Fassung im Lockergestein (z.B. Kies), in zerklüfteten Gesteinen (z.B. Granit) oder in verkarsteten Gesteinen (z.B. Kalk) befindet ([BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU, 2012b](#)).

3. Weitere Schutzzone S3

Die weitere Schutzzone soll sicherstellen, dass bei einem Unfall genügend Zeit und Raum zur Verfügung stehen, um eine Gefahr für das gefasste Trinkwasser abzuwehren. Daher dürfen Betriebe, die eine Gefahr für das Grundwasser darstellen (z.B. Tankstellen), nicht in der Zone S3 stehen. Ebenso darf in diesem Gebiet kein Abwasser versickern und kein Kies abgebaut werden. Ausserdem dürfen keine flüssigen Treib-, Schmier- und Brennstoffe umgeschlagen werden und es darf höchstens so viel Heizöl gelagert werden, wie für die Heizung des betreffenden Gebäudes während zwei Jahren benötigt wird ([BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU, 2012b](#)).

Gewässerschutz des Kantons Graubünden

Mithilfe der Karte der Grundwasservorkommen und den vom BAFU definierten Schutzzonen hat der Kanton Graubünden eine Gewässerschutzkarte erstellt. Abbildung 8.17 zeigt einen Ausschnitt dieser Gewässerschutzkarte. Die roten Flächen kennzeichnen Grundwasservorkommen, die blauen Flächen Gewässerschutzzonen. Da diese meist übereinander liegen, erhalten die unter Gewässerschutz stehenden Gebiete in diesem Kartenausschnitt einen leicht violetten Farbton.

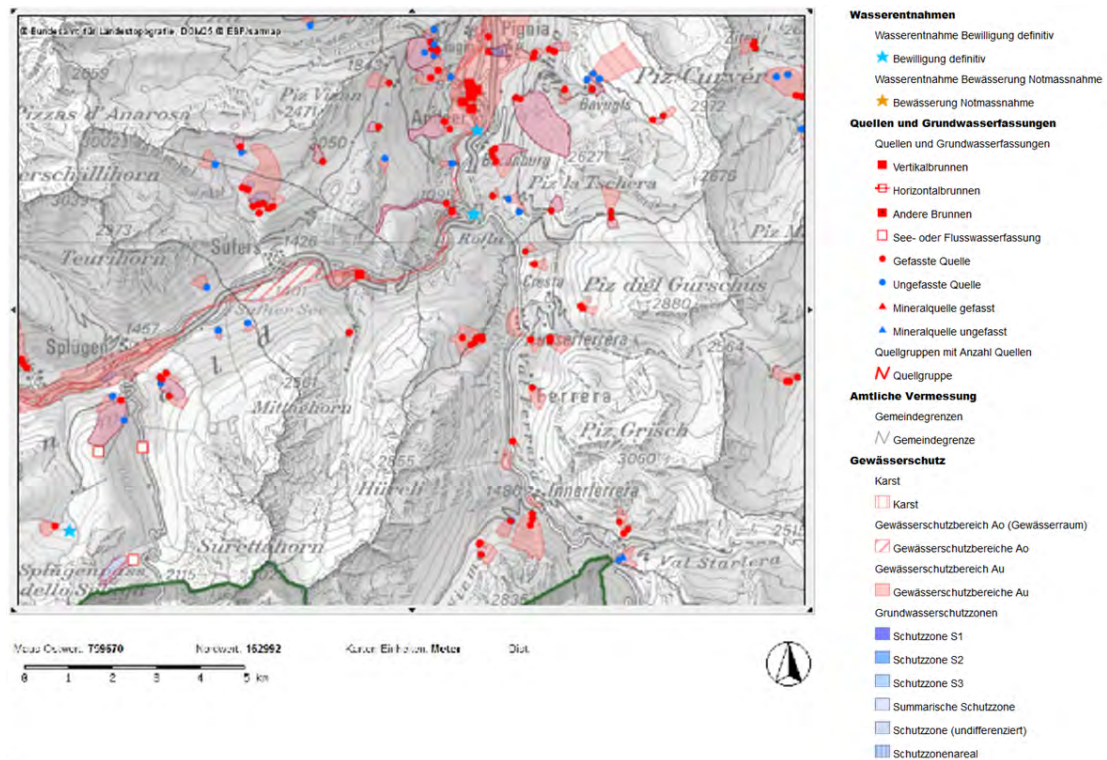


Abb. 8.17: Ausschnitt aus der Gewässerschutzkarte des Kantons Graubünden ([KANTON GRAUBÜNDEN, 2013](#)).

Hydrogeologische Karte der Schweiz: Grundwasservorkommen 1:500000 (Bundesamt für Landestopografie swisstopo)

- Grundwasserfassung (<500 l/min, > 5000 l/min)
- Wichtige gefasste und ungefasste Quelle (<600 l/min, > 6000 l/min)
- Oberirdische Hauptwasserscheide
- Gebiete in Lockergesteinen ohne oder nur vereinzelt mit sehr kleinräumigen, kaum nutzbaren Grundwasservorkommen. Nur vereinzelt durch Quelfassungen mit kleinerer Schüttung erschliessbar.
- Gebiete mit weniger ergiebigen Felsgrundwasservorkommen. Grundwasservorkommen in geklüfteten und porösen nicht verkarstungsfähigen Festgesteinen. Erschliessung ausschliesslich durch Quelfassungen mit kleinerer Schüttung.
- Gebiete im Festgestein ohne oder nur vereinzelt mit sehr kleinräumigen, kaum nutzbaren Felsgrundwasservorkommen. Nur vereinzelt durch Quelfassungen mit kleinerer Schüttung erschliessbar.
- Gebiete mit ergiebigen, wechselnd ergiebigen und kleineren Felsgrundwasservorkommen in verkarstungsfähigen Karbonatgesteinen. Durchlässigkeit sehr variabel Oberflächenabfluss gering. Entwässerung vorwiegend in eng begrenzten Zonen, die sich oft nur schwer lokalisieren lassen. Erschliessung meist mittels Quelfassungen. Qualität teilweise und zeitweise nicht einwandfrei, nach einfacher Aufbereitung als Trinkwasser nutzbar.
- Gebiete mit weniger ergiebigen, lokalen Grundwasservorkommen in Moränen. Erschliessung ausschliesslich durch Quelfassungen mit kleiner, seltener mittlerer Schüttung.
- Geringmächtige (im Mittel 2-10 m), weniger ergiebige Grundwasservorkommen in gut durchlässigen Schottern (ungenügende Infiltration von Flusswasser, Randbereich von sehr ergiebigen Grundwasservorkommen). Meist oberflächennahe, ungespannte und sauerstoffreiche, in der Regel geringmächtige Grundwasservorkommen. Lokal, seltener regional wichtig für die Trinkwasserversorgung. Erschliessung hauptsächlich durch Vertikalfilterbrunnen und Quelfassungen.

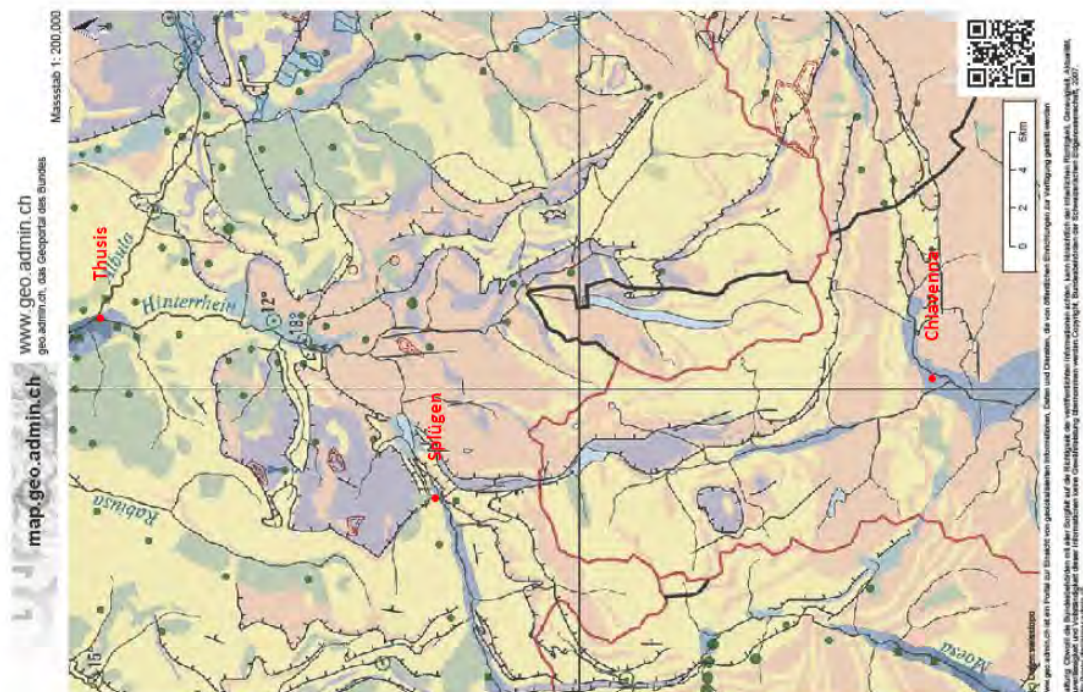


Abb. 8.18: Ausschnitt aus der Hydrogeologischen Karte (Grundwasservorkommen) (SWISSTOPO, 2008a).

Hydrogeologische Karte der Schweiz: Vulnerabilität der Grundwasservorkommen 1:500000 (Bundesamt für Landestopografie swisstopo)

Der Begriff der Vulnerabilität beschreibt die Empfindlichkeit eines Systems hinsichtlich einer externen Beeinträchtigung. Übertragen auf das Grundwasser definiert Vulnerabilität die Gefährdung eines Grundwasservorkommens durch den Eintrag von Schadstoffen in den Untergrund. Vulnerabilität ist eine relative, nicht direkt messbare Grösse. Sie ergibt sich aus einer Kombination verschiedener Parameter, welche als massgeblich für den Schutz des Grundwassers angesehen werden. Je besser ein Grundwasservorkommen gegenüber Schadstoffeintrag geschützt ist, desto geringer ist seine Vulnerabilität. Diese Schutzwirkung – und als Funktion davon die Vulnerabilität – kann qualitativ erfasst und in Klassen eingestuft werden, welche das Mass der Wahrscheinlichkeit ausdrücken, mit welcher Schadstoffe eine Grundwasserressource erreichen können.

- Sehr hohe Vulnerabilität (geringe Schutzwirkung)
Vulnerabilité très forte (faible protection)
- Hohe Vulnerabilität (mässige Schutzwirkung)
Vulnerabilité forte (protection modérée)
- Geringe Vulnerabilität (hohe Schutzwirkung)
Vulnerabilité faible (forte protection)
- Sehr geringe Vulnerabilität (sehr hohe Schutzwirkung)
Vulnerabilité très faible (forte protection)
- Gebiet ohne ergiebige Grundwasservorkommen
Domaine sans réservoirs aquifères productifs

Haben Schadstoffe erst einmal den gesättigten Grundwasserbereich erreicht, so werden sie mit dem Grundwasserfluss lateral verfrachtet. Bei Lockergesteins-Grundwasserleitern fliesst das Wasser langsam und gleichmässig durch die Poren des Korgerüsts. Dadurch ist das laterale Ausbreitungsvermögen eingeschränkt. Die Ausbreitung von Schadstoffen im gesättigten Bereich von heterogenen Kluft- und Karst-Grundwasserleitern folgt hingegen bevorzugten Fließwegen und kann deshalb vor allem in Karst-Grundwasservorkommen sehr schnell erfolgen.

- Hohes Ausbreitungsvermögen in Festgesteinen
Haute capacité de propagation latérale en roches cristallines (surtout en roches cristallines défectueuses)
Festgesteinen, verwendet in aufgedämmten Gebäuden
- Mittleres Ausbreitungsvermögen in Festgesteinen
Capacité de propagation latérale moyenne en roches cristallines (surtout en roches cristallines défectueuses)
Festgesteinen, verwendet in aufgedämmten Gebäuden
- Mittleres Ausbreitungsvermögen in Lockergesteinen
Capacité de propagation latérale moyenne en roches sédimentaires (surtout en roches sédimentaires défectueuses)
Lockergesteine, verwendet in aufgedämmten Gebäuden
- Geringes Ausbreitungsvermögen in Lockergesteinen
Capacité de propagation latérale faible en roches sédimentaires (surtout en roches sédimentaires défectueuses)
Lockergesteine, verwendet in aufgedämmten Gebäuden

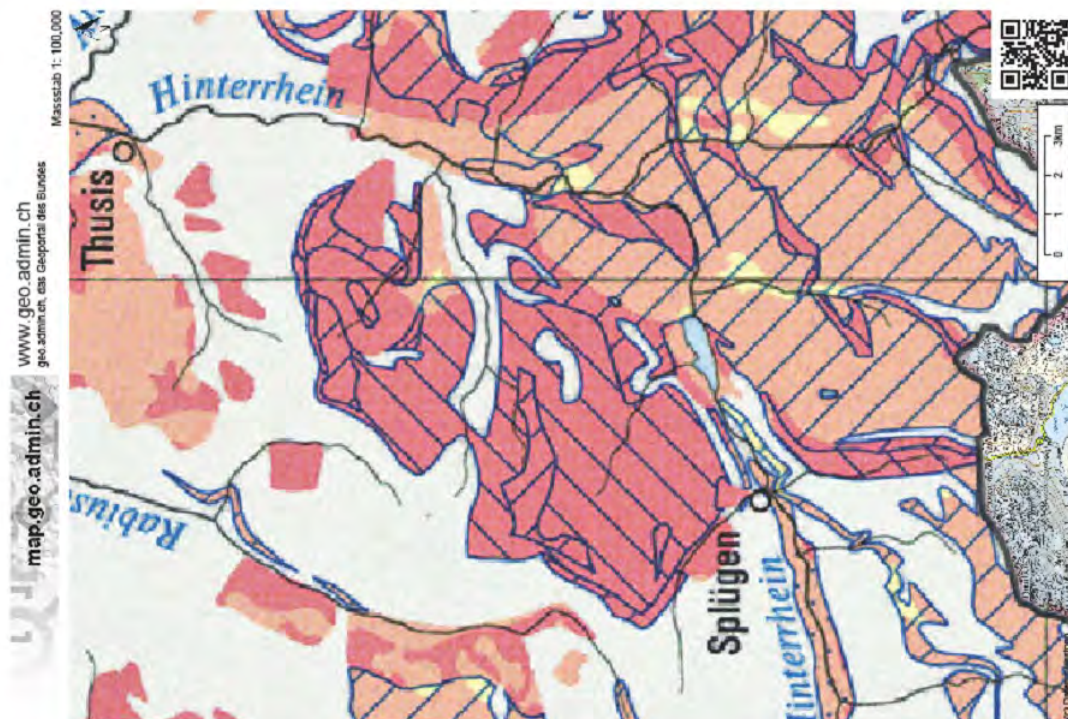


Abb. 8.19: Ausschnitt aus der Hydrogeologischen Karte (Grundwasservulnerabilität) (SWISSTOPO, 2008b).



Abb. 8.20: Gletschermühle im Ophiolith bei Chiavenna ([CONSORZIO PER LA PROMOZIONE TURISTICA DELLA VALCHIVENNA, 2013](#)).

8.11 Chiavenna Ophiolithe

Ophiolithe sind Gesteine aus der ozeanischen Kruste. Es sind basische und ultrabasische Gesteine. Im Gegensatz zu den sauren Graniten sind in den Ophiolithen keine Quarze erkennbar, da sie SiO_4 -untersättigt sind. Dadurch kann kein reines Quarz auskristallisieren. Die Ophiolithe beinhalten hauptsächlich maphische Minerale wie Olivin (hellgrün), Pyroxen (dunkel), Amphibole (dunkel) und Melilith (hell) ([WIKIPEDIA, 2013e](#)). Die Ophiolithe in Chiavenna gehören zur Tomül-Decke des Wallistogs, zu welcher auch die Bündner Schiefer gehören, welche wir uns am ersten Tag unserer Wanderung angesehen haben.

Box 8.1 — Maphische Minerale: sind Minerale, die in hohem Maße magnesium- und eisenhaltig sind ([PRESS UND SIEVER, 2008](#))

Im Park Marmite dei Giganti (=grosse Töpfe) sind die grünlichen Ophiolithe eindrucksvoll von der eiszeitlichen Vergletscherung geformt. Diese „Marmite dei Giganti“ wurden durch Gletschermühlen ausgehöhlt (vgl. Abb. 8.20). Gletschermühlen sind spiralwandige Hohlformen im Eis, die von an der Gletscheroberfläche oder in Spalten abfließendem Schmelzwasser geschaffen werden. Der Schmelzwasserabfluss sammelt sich in Rinnen und Spalten, versetzt Gesteinstrümmer verschiedener Korngrößen in Bewegung und erodiert das Eis immer stärker. Dabei entsteht ein Strudel und es bildet sich ein Loch welches sich erweitert, vertieft und gleichzeitig die mitgeführten Gesteinstrümmer rund schleift ([CONSORZIO PER LA PROMOZIONE TURISTICA DELLA VALCHIVENNA, 2013](#)). Gletschermühlen können einen Durchmesser von bis zu 20 Metern erreichen und entstehen meist in flachen Bereichen des Gletschers mit horizontalen Spalten. Sie können mehrere hundert Meter Tiefe aufweisen und bis zum Grund des Gletschers reichen. Erreicht die Gletschermühle den Grund des Gletschers, dann erodiert das Wasser mit den Gesteinstrümmern in selber Weise das anstehende Gestein ([WIKIPEDIA, 2013f](#)).

Erarbeitung theoretischer Grundlagen

Geomorphologische Prozesse
Gefahrenkarte
Schutzwald

Praktische Umsetzung: Übungen

Einleitung
Kriechformen in Mathon
Gefahrenprozesse Splügen
Erkennen und Bestimmen von grossräumigen Strukturen
Kartierung am Wildbachschuttkegel Macolini
Kartierung Einzugsgebiet Wildbach Rabbiosa

9 — Geomorphologie

9.1 Erarbeitung theoretischer Grundlagen

9.1.1 Geomorphologische Prozesse

Geomorphologie bedeutet eigentlich „die Lehre von der Form/Gestalt der Erde“ (ZEPP, 2014). Sie beschäftigt sich mit dem Relief der Erde, beschreibt und ordnet die Formen systematisch und behandelt die dahinter stehenden Prozesse. Die Prozesse können anhand des auslösenden Elementes (Agens) unterteilt werden (Tab. 9.1). Die wichtigsten Prozessgruppen für die Reliefbildung der Alpen sind gravitative, glaziale und fluviale Prozesse.

Tab. 9.1: Ordnung der reliefbildenden Prozesse (SCHÜTT UND ET AL. (2006), geändert).

Prozessgruppe	Agens
gravitativ	Schwerkraft, Wasser
glazial	Gletschereis
fluvial	Wasser, Fluss, Bach
nival	Schnee, Firn
periglazial	Bodeneis
äolisch	Wind

ZEPP (2014) unterteilt die gravitativen Prozesse anhand von deren Wassergehalt und Geschwindigkeit (Abb. 9.1). Schnelle gravitative Massenbewegungen mit sehr tiefem Wassergehalt werden als Sturzprozesse bezeichnet. Darunter fallen Steinschlag, Blockschlag, Felssturz oder Bergsturz, welche Geschwindigkeiten von bis zu 100 m/s erreichen können. Schnelle gravitative Massenbewegungen mit hohem Wasseranteil wie z.B. eine Mure werden als Fließprozesse bezeichnet, während bei langsamen Prozessen von Versatzdenudation gesprochen wird. Versatzdenudation ist ein sehr langsamer Vorgang, der durch das wiederholte Ausdehnen und Zusammenziehen des Bodenmaterials hervorgerufen wird. Die Ausdehnung des Materials findet dabei senkrecht zur

⁰Kapitel verfasst von: Fritz Hartung-Hofmann, Benjamin Fischer und Jolanda Gredig

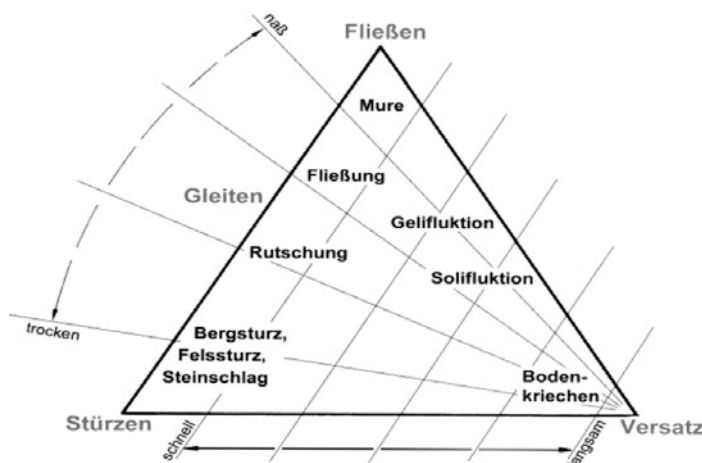


Abb. 9.1: Typisierung von gravitativen Massenbewegungen (ZEPP, 2014)

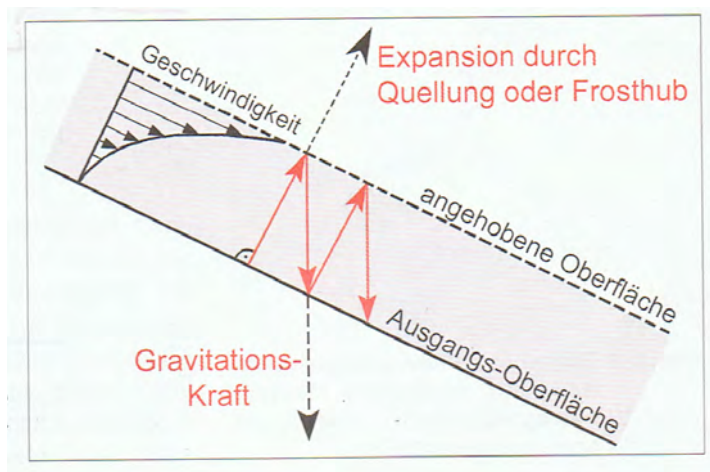


Abb. 9.2: Prinzipskizze Versatzdenudation (ZEPP, 2014)

Ausgangsoberfläche statt, während beim Tauprozess das Material durch die Gravitationskraft gesteuert ist, wodurch das ausgedehnte Material nach dem Tauen oder Zusammenziehen nicht an dieselbe Stelle zurückfindet und ein Kriechprozess entsteht (Abb. 9.2). Dies geschieht beispielsweise durch die Wasseraufnahme von quellfähigen Tonmineralen oder durch das Gefrieren und Tauen von Bodenwasser (ZEPP, 2014). Durch die ständige Wiederholung dieses Vorgangs kann sich ein Hang um einige cm pro Jahr talwärts bewegen.

9.1.2 Gefahrenkarte

Offensichtlich können natürliche Prozesse unterschiedlich stark sein. Sobald diese Prozesse den Lebensraum des Menschen tangieren, werden sie als Naturgefahren bezeichnet. Um diese Gefahr einzuordnen, werden die Prozesse modelliert und eine Gefahrenkarte erstellt, welche aufzeigt, was in einem bestimmten Gebiet passieren kann. Damit stellt die Gefahrenkarte das wichtigste Arbeits- und Planungsinstrument dar. Die zentralen Faktoren für die Gefahrenkarte bilden die Intensität und die Wahrscheinlichkeit eines Prozesses. Die Intensität wird in schwach, mittel und stark unterteilt; die Wahrscheinlichkeit in hoch, mittel, gering (und sehr gering). Anhand von Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagrammen kann die entsprechende Gefahrenstufe ermittelt werden. Abbildung 9.3 zeigt das für Hochwasser, Steinschlag, Blockschlag und Hangmure ange-

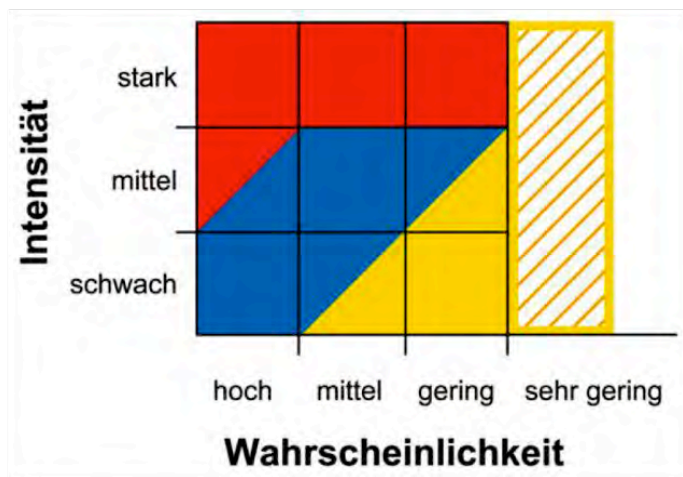


Abb. 9.3: Einteilung der Gefahrenstufe durch das Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm (AGNAGEF, 2011)

wendete Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm. Die Einteilung in schwache, mittlere und starke Intensität erfolgt bei jedem Prozess durch vordefinierte Schwellenwerte. Die Wahrscheinlichkeiten hoch, mittel und gering werden durch die mittleren Eintretenswahrscheinlichkeiten von 0-30, von 30-100 und von 100-300 Jahren definiert. Die drei Gefahrenstufen rot, blau und gelb haben schliesslich raumplanerische Konsequenzen. Die rote Gefahrenzone, in welcher Personen sowohl innerhalb wie auch ausserhalb von Gebäuden gefährdet sind, ist ein Verbotsbereich. Es dürfen keine neuen Bauzonen ausgeschieden werden. Zerstörte Gebäude werden nur in Ausnahmefällen und nur mit Auflagen wieder aufgebaut. Der blaue Gefahrenbereich ist eine Gebotszone, in welchem Personen ausserhalb von Gebäuden gefährdet sind und mit erheblichen Schäden an Gebäuden gerechnet werden muss. In dieser Zone werden Baubewilligungen nur mit Auflage erteilt. Die gelbe Gefahrenzone ist ein Hinweisbereich, wobei der Schutz in der Eigenverantwortung liegt. So kann für jeden Prozess eine eigene Gefahrenkarte erstellt werden, die dann am Ende übereinander gelegt werden können und die synoptische Gefahrenkarte bilden (AGNAGEF, 2011).

9.1.3 Schutzwald

Der folgende Abschnitt wurde frei verfasst nach Konsultation von AREGGER UND ET AL. (2012), HÜRLIMANN (2012) und einer mündlichen Befragung von Ferdinand Pfannmatten, Leiter des BLS-Forstteams auf der Südrampe vom 8.8.2013.

Ein idealer Schutzwald ist ein artenreicher, lockerer Mischwald mit Bäumen, welche in Rotten (Gruppen mit Bäumen unterschiedlichen Alters) wachsen. Ein Schutzwald kann sowohl passiv als auch aktiv schützen. Passiver Schutz geschieht durch das Bremsen oder Aufhalten von Prozessen wie beispielsweise Sturzprozessen oder Lawinenanrissen. Aktiver Schutz beinhaltet die Stabilisation des Terrains durch die Wurzeln.

Baumarten können unterschiedliche Vor- oder auch Nachteile in einem Schutzwald haben. So ist die Tiefe der Durchwurzelung zentral, um beispielsweise Sturmschäden zu verhindern oder vermindern. Je nach Standort spielt auch die Frostepfindlichkeit oder Dürresistenz eine Rolle. Zudem sind die Borkenkäferarten jeweils auf eine Baumart spezialisiert, wodurch ein Mischwald

weniger anfällig ist als beispielsweise ein reiner Fichtenwald.

Welche Aufgaben hat ein Förster in einem Schutzwald?

- Verjüngung
- Pflege
- Schutz vor Wildverbiss
- Bewässerung an besonders trockenen Standorten
- Aufforstung wenn nötig (evtl. neue Baumarten züchten)

Welches sind die Gefahren, welche einen Schutzwald bedrohen?

- Borkenkäferarten
- Sturm
- Waldbrand

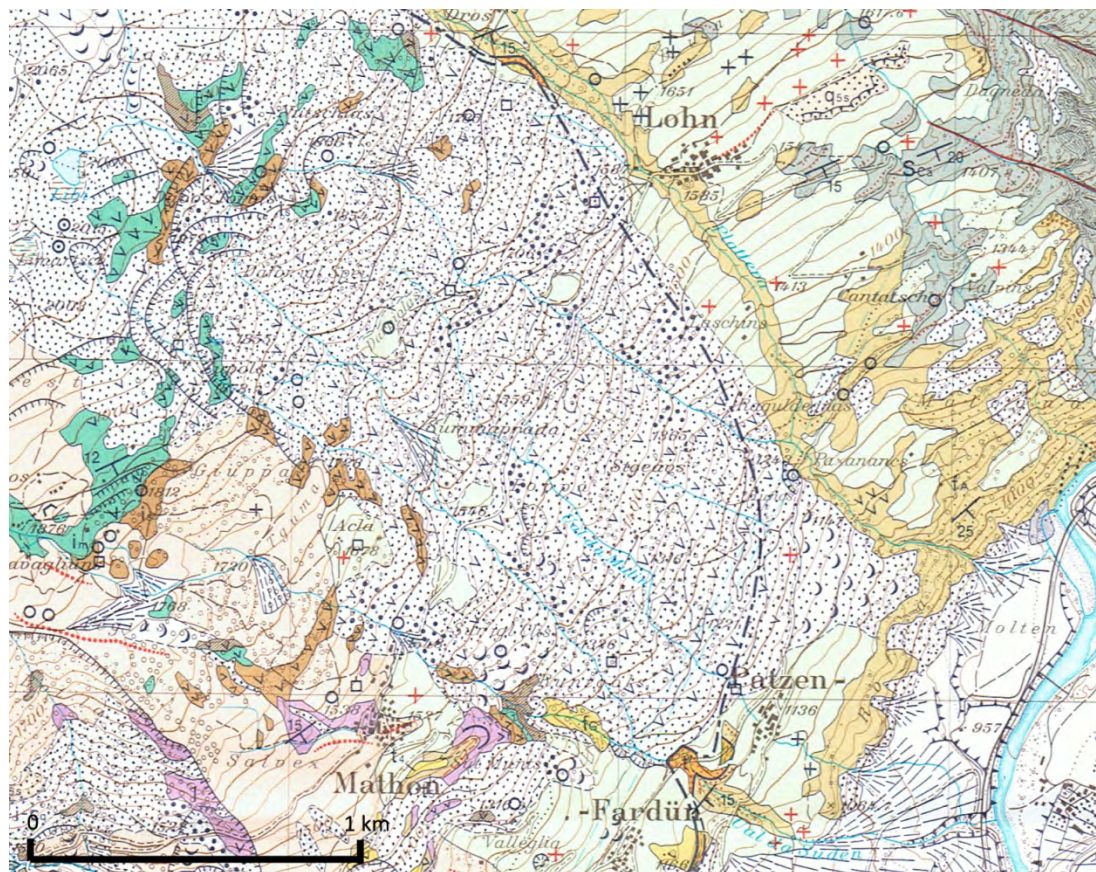
9.2 Praktische Umsetzung: Übungen

9.2.1 Einleitung

In dieser Exkursionswoche ging es darum, Formen und Strukturen im Feld zu erkennen und zu bestimmen, geomorphologische Prozesse zu betrachten und Gefahren abzuschätzen. Neben einigen theoretischen Inputs gab es dadurch vorwiegend Übungen im Feld. Im Folgenden werden die wichtigsten Übungen bzgl. ihrer Aufgabenstellung sowie den gewonnenen Erkenntnissen kurz besprochen.

9.2.2 Kriechformen in Mathon

In Mathon wurde anhand der geologischen Karte (Abb. 9.4) Gehängeschutt ausgemacht, der gemäss Karte an verschiedenen Stellen in Bewegung sein soll. Das Ziel der Übung wäre gewesen, die Bewegungen auf der Karte zu lokalisieren und zu bestimmen sowie zu versuchen, Anzeichen dafür im Feld zu finden. Da die Zeit dafür allerdings fehlte, wurde der Prozessvorgang der Versatzdenudation behandelt und die Studenten wurden aufgefordert, auf der Wanderung am folgenden Tag Nachweise für Bodenbewegungen zu suchen. Besonders aufgefallen sind Bodenrippen am Hang sowie verzogene Fenster und Türen bei Holzhäusern in Mathon (Abb. 9.5). Weitere typische Merkmale wie Säbelwuchs von [FREHNER ET AL. \(2005\)](#) definiert als „einseitige Stammverkrümmung am unteren Ende durch Wind, Schnee oder Bodenbewegungen“ oder verzogene Holzzäune auf Feldern wurden nicht entdeckt.



Quartär

	Künstliche Aufschüttung mit Schutthalde		Rutschung (mit Abrissrand)
	Alluvionen		Sackung (mit Abrissrand)
	Erosionsrand an Terrassen und Bachschuttkegeln		Postglaziale Rheinschotter
	Torf		Spätglaziale Schotter
	Kalktuff		Lawinen- und Schneehaldenmoränen
	Schwemmkegel		Rezente bis subrezente Moränen (mit Wall und z. T. mit Jahreszahl)
	Trockenschuttkegel		Lokalmoränen (mit Wall); Moränen im allgem.
	Schutt- und Blockströme		Talmoränen (nicht überall ausgeschieden)
	Gehängeschutt		Soliflukutionsrichtung
	Gehänge- und Blockschutt		Erratischer Block: Sediment, Kristallin
	Gabbro-Blockschutt		Gletscherschliffe
	Bergsturzablagerung		

Abb. 9.4: Geologische Karte von Mathon (Ausschnitt aus dem Geologischen Atlas der Schweiz - Blatt 1235 Andeer, KOMMISSION (1971))



Abb. 9.5: Verzogenes Haus aufgrund von Bodenkriechen. Fotografiert während der Exkursion.

9.2.3 Gefahrenprozesse Splügen

In Splügen wurde ein Input zur Gefahrenkarte gegeben und anschliessend wurden die Studenten gefragt, welche Prozesse eine Gefahr für das Dorf Splügen darstellen könnten. Schnell wurde deutlich, dass das Potential für Steinschlag und Lawinenabgänge an den nordöstlich angrenzenden Hängen sehr gross ist. Bei der Betrachtung des Geländes sind Ablagerungen vergangener Ereignisse aufgefallen, darunter grosse Felsblöcke, die wahrscheinlich auf das Blockschlagereignis von 2005 zurückgehen. Hangpartien ohne Wald stellen eine besondere Gefahr dar, da sie als offene Sturzbahn fungieren. Die kompakte Siedlungsstruktur stellt eine Anpassungsstrategie an das erhöhte Gefahrenpotential dar. Um grossflächige Schäden zu vermeiden, sind besonders gefährdete Stellen nicht bebaut und es hat sich ein fester Ortskern gebildet. Durch bauliche Massnahmen am Flussbett konnte die Gefährdung durch Hochwasser reduziert werden, nachdem es im Jahr 1987 zu einem Hochwasser mit grossen Schäden gekommen war. Hochwasser stellen im Vergleich zu Sturzprozessen somit nur noch ein geringes Risiko dar. Die Karte in Abbildung 9.6 zeigt die Gefährdung durch Lawinen (rot: erhebliche Gefährdung, blau: mittlere Gefährdung). Das Kartenbeispiel zeigt, dass Gebäude nur dort stehen, wo die Gefährdung gering bzw. mittel ist. Der Ortskern ist weitgehend geschützt oder an der Stelle mit der kleinsten Gefahr angesiedelt.

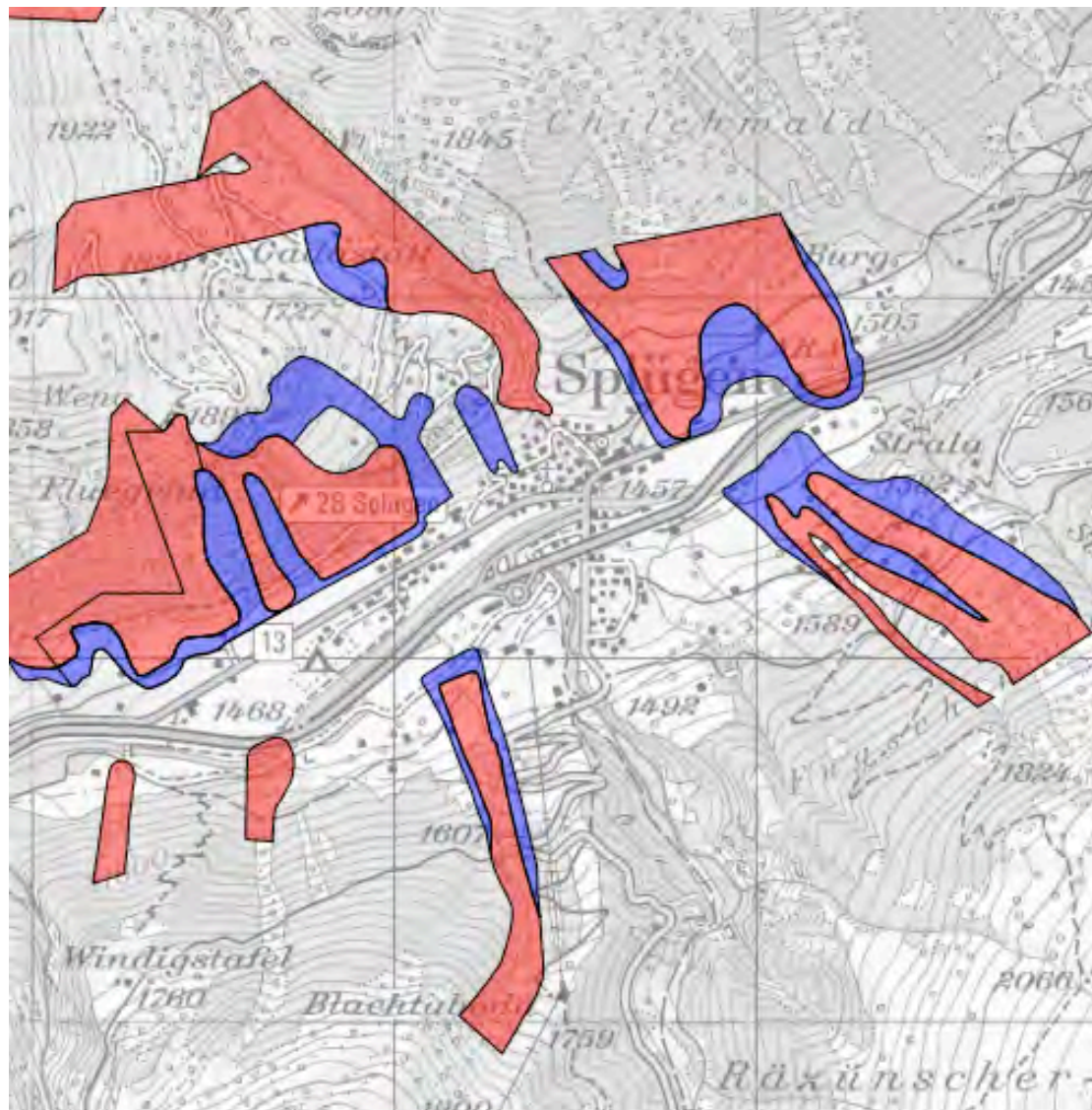


Abb. 9.6: Gefahrenkarte für den Prozess Lawinen in Splügen ([AWN-GR, 2013](#))

9.2.4 Erkennen und Bestimmen von grossräumigen Strukturen

Oberhalb des Lago Nero machten wir einen Halt, bei welchem wir eine ausgezeichnete Aussicht ins San Giacomo Tal hatten (vgl. Abb. 9.7). Die Studenten wurden in Gruppen aufgeteilt und sie sollten anhand der San Bernardino Karte mit dem Massstab 1:50'000 und anhand der Aussicht das Relief des San Giacomo Tals betrachten und unterscheiden, welche Formen tektonischen, glazialen, fluvialen, gravitativen oder menschlichen Ursprungs sind.



Abb. 9.7: Blick in das San Giacomo Tal vom Lago Nero, südlich des Splügenpasses aus.

Die Entstehung des Tals ist tektonischen Ursprungs, die bei der Alpenfaltung einsetzte. Gemäss (TANTARDINI ET AL., 2013) existierte das Tal bereits im Miozän. Seither wurde das Tal glazial, fluvial und durch gravitative Prozesse überprägt. Die glaziale Überprägung ist heute noch ersichtlich an den Hängetälern, die seitlich ins Haupttal einmünden und durch kleine lokale Gletscher geprägt waren. Die Seitenmoränen des San Giacomo Gletschers konnten wir nicht erkennen, allerdings waren einige Seiten- und Endmoränen von lokalen Gletschern ersichtlich sowie verschiedene Formen der Grundmoräne des San Giacomo Gletschers. Die Letzteren befanden sich auf dem Andossi, der das San Giacomo Tal in das Cardinello Tal (westlich von Andossi) vom Scalcoggia Tal (östlich des Andossi) teilt. Es war ersichtlich, dass die Formen der Grundmoränen nicht alle in dieselbe Richtung zeigten, was auf unterschiedliche Fliessrichtungen des Gletschers hindeutet. TANTARDINI ET AL. (2013) begründet dies damit, dass während der grössten Gletscherausdehnung der letzten Eiszeit, dem sogenannten Last Glacial Maximum (LGM), der Andossi vom San Giacomo Gletscher überströmt wurde (siehe gelber Pfeil in Abbildung 9.8). Gegen Ende der letzten Eiszeit wurde dessen Eismächtigkeit geringer. Es bildete sich Toteis auf Andossi und der Gletscher begann Andossi zu umströmen und bewegte sich daher in Richtung SW (siehe oranger Pfeil in Abbildung 9.8), während der Gletscher im Scalcoggia Tal während der Eiszeit dieselbe Fliessrichtung beibehielt (siehe blauer Pfeil in Abbildung 9.8). Auf Andossi sind deutliche glaziale Spuren wie Drumlins oder kleine Seen durch Abschmelzen von Toteis ersichtlich. Fluviale Prozesse führten vorwiegend zum tieferen Einschneiden von

Bächen, während bei den gravitativen Prozessen vor allem grossflächig auftretende Stein- und Blockschläge auffallen.

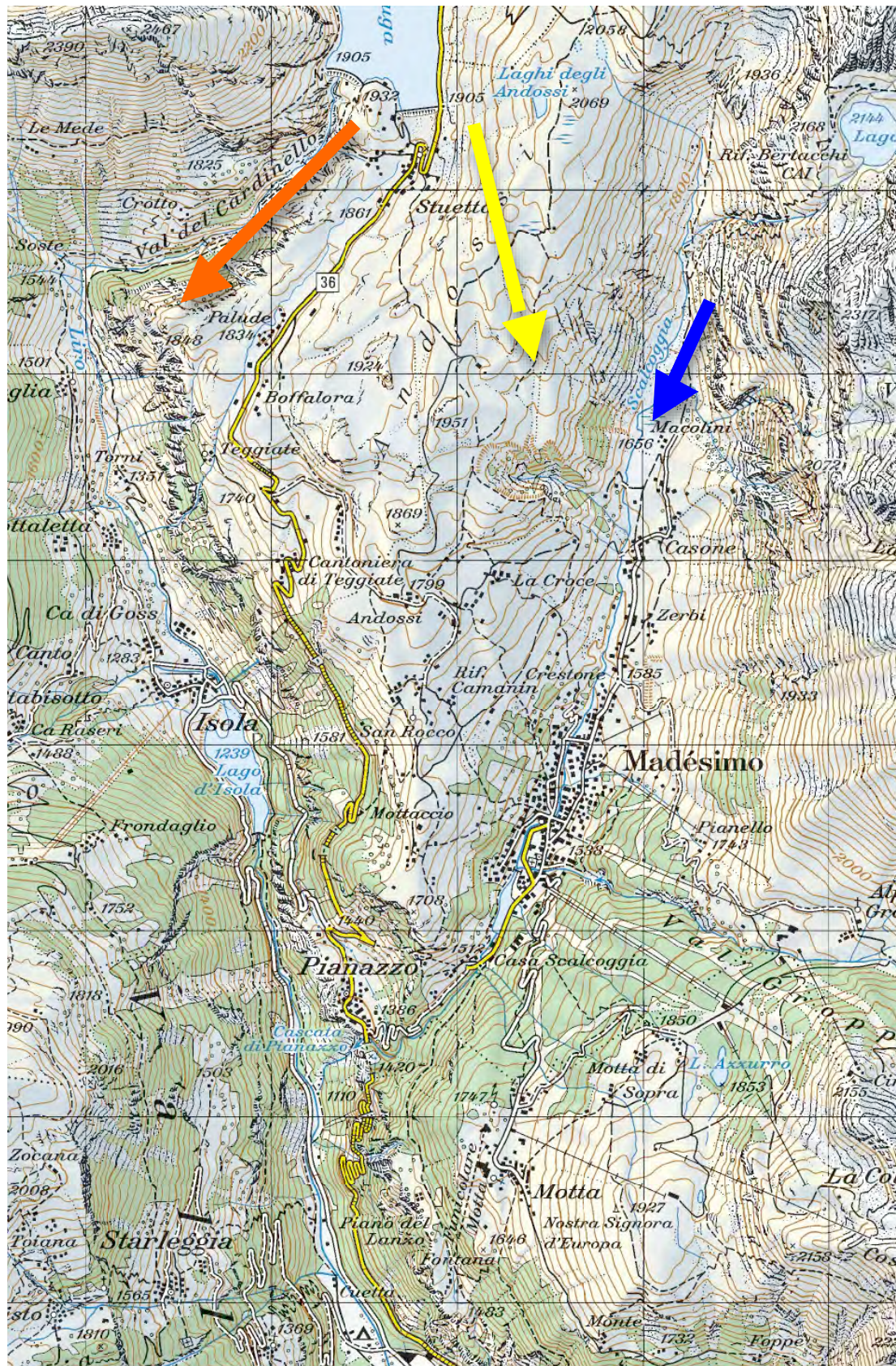


Abb. 9.8: Fließrichtungen der Gletscher während der letzten Eiszeit im San Giacomo Tal (SWISSTOPO (2013), verändert.)

9.2.5 Kartierung am Wildbachschuttkegel Macolini

Die Aufgabe bestand darin, den Wildbachschuttkegel in Macolini bei Madesimo einzugrenzen und Spuren von Murgängen zu erkennen. Die Art der Flächennutzung, sowie das Alter der anliegenden Gebäude sollten bei den Betrachtungen mit einbezogen werden. Einerseits um Hinweise für vergangene Ereignisse und das Alter des Schuttkegels zu erhalten und andererseits um Informationen zur Verletzlichkeit zu gewinnen, beispielsweise über die Bausubstanz.

Die Eingrenzung des Schuttkegels konnte anhand der Bachverläufe gut umgesetzt werden (Abb. 9.9) und es waren auch alte Levées und Murzungen erkennbar. Allerdings wurde stark darüber diskutiert wie alt diese Murgänge sein könnten, wobei es keine wirklichen Anhaltspunkte gab. Durch den Vergleich mit einer alten Karte wurde ersichtlich, dass ein Teil der Gebäude nicht mehr existiert. Da es in der Nähe dieser Gebäude keinen Hinweis auf rezente Murgangaktivität gab, könnten Lawinen die Ursache für die Zerstörung der Gebäude gewesen sein. Es stellte sich somit auch die Frage, was die Behörden dazu bewegt hatte einen neuen Schutzwall, der erst im Jahr 2013 fertig gestellt wurde, an den Wildbachkegelhals zu bauen. Klar ist, dass dieser Schutzdamm die Häuser von Macolini schützen soll. Allerdings stellt sich die Frage, warum der Damm gerade jetzt gebaut wurde? Die Gruppe stellte fest, dass die Funktion des Schutzdammes auf Murgangereignisse zugeschnitten ist.

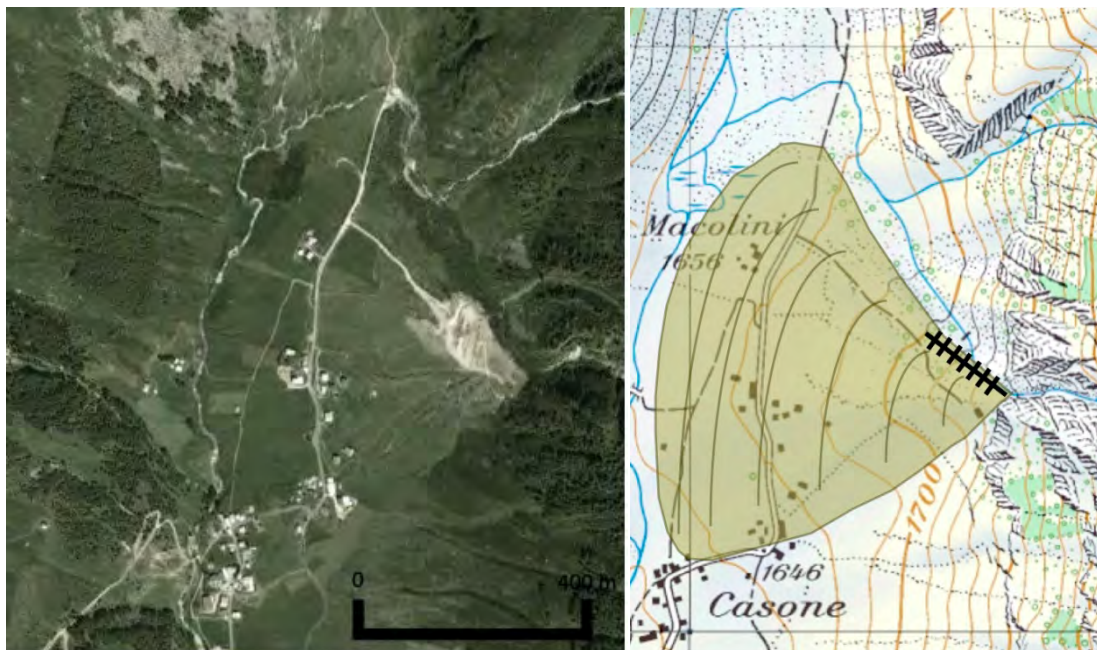


Abb. 9.9: Wildbachschuttkegel von Macolini. Links: Luftfoto ([GOOGLEEARTH](#), 2013); Rechts: Topographische Karte mit grün hervorgehobenem Schuttkegel und eingezeichnetem Schutzdamm ([SWISSTOPO](#) (2013), verändert.)

Dass das Einzugsgebiet von unserem Standort aus nicht in voller Grösse erkennbar war, stellte sich als bedeutendes Problem für die Abschätzung möglicher Prozesse heraus. Es wurde diskutiert, inwiefern Lawinen- oder Murgangereignisse die grössere Gefahr für das Gebiet darstellen. Es wurde klar, wie wichtig es ist, das gesamte Einzugsgebiet mit Geschiebequellen und -mengen,

sowie den Hangneigungen zu analysieren, wenn eine Vorstellung für mögliche Intensitäten und Art von Gefahrenprozessen gewonnen werden soll.

9.2.6 Kartierung Einzugsgebiet Wildbach Rabbiosa

Bei der Wanderung durch das Einzugsgebiet des Wildbaches Rabbiosa bestand die Aufgabe darin, für die Feststoffproduktion verantwortliche geomorphologische Elemente und Prozesse visuell zu erfassen. Mit Hilfe des Symbolbaukastens (Abb. 9.11), sollten die erkannten Phänomene in dem bereitgestellten Ausschnitt (vgl. Abb. 9.10) kartiert werden. Die Betrachtung des gesamten Einzugsgebiets ermöglichte nun eine Abschätzung der Prozessintensitäten. Auch bei dieser Übung wurde darauf hingewiesen, vorhandene Schutzmassnahmen zu erkennen und in die Schlussfolgerungen einzubeziehen.

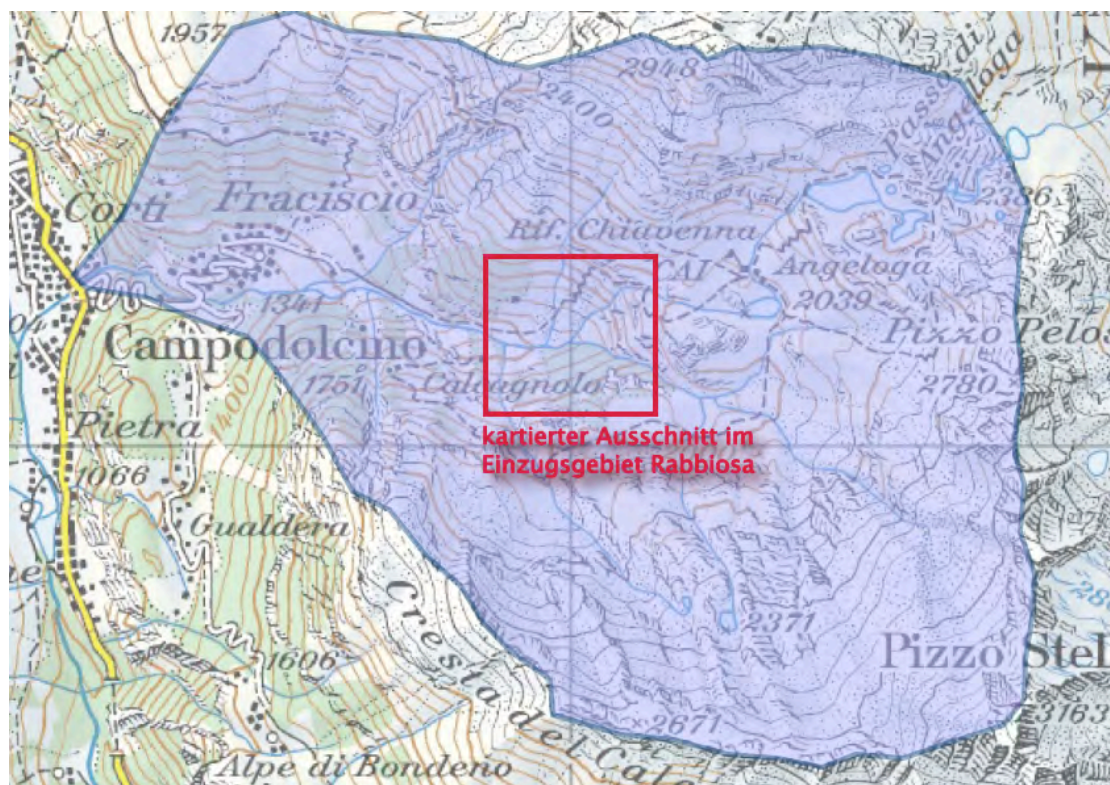


Abb. 9.10: Einzugsgebiet des Wildbaches Rabbiosa (SWISSTOPO (2013), verändert.)

Angekommen in Francisco wurden die beobachteten Phänomene zusammengetragen und diskutiert. Erkannt wurden Ablösungsgebiete von Blöcken, offene kanalisierte Sturzbahnen sowie Ansammlungen von flächig abgelagertem Sturzmaterial (vgl. Abb. 9.12). Trotzdem fiel auf, dass das potentielle Geschiebevolumen im Einzugsgebiet und im Gerinne eher gering ausfällt. Auch an den kartierten Sperren waren keine kritischen Geschiebemengen zu verzeichnen. Die Gefahr für die Gemeinden Francisco und Campodolcino bei einem grossen Ereignis stark beschädigt zu werden, wurde aus diesem Grund als relativ klein eingestuft. Dazu kommt, dass das Gerinne im tieferen Teil des Einzugsgebietes eine schwache Neigung aufweist, weshalb die durch

Schwerkraft bedingte Transportkapazität vermindert wird. Die zum Grossteil bewaldeten Hänge im Einzugsgebiet schützen einerseits vor Erosionsprozessen, andererseits liefern sie Totholz, welches zur Verklauung an Brücken und anderen Gerinneengpässen führen kann.

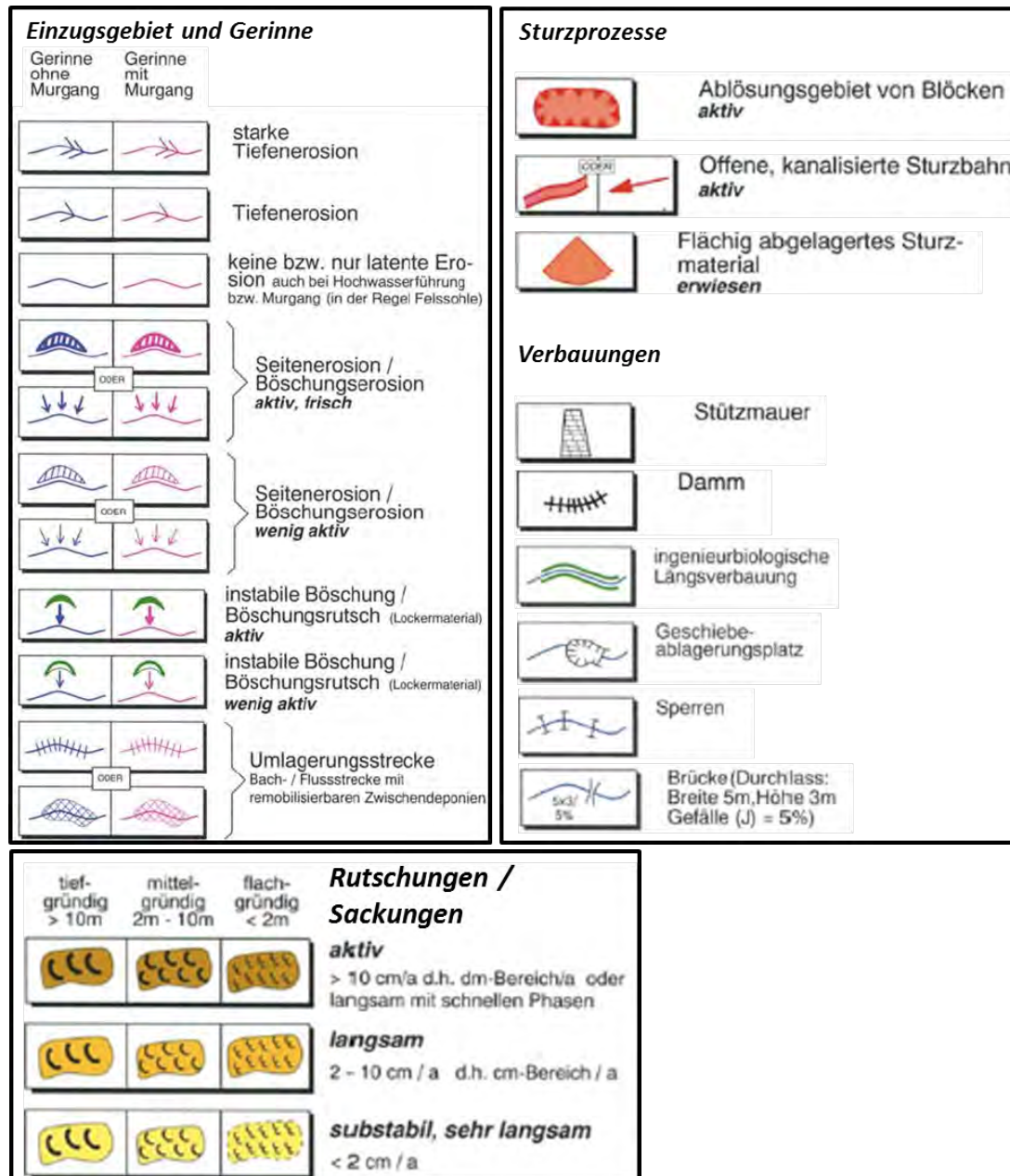


Abb. 9.11: Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene (BAFU, 1995)

Abschliessende Aussagen wurden an dieser Stelle noch keine getroffen, da zuerst die Gerinnesituation in Campodolcino begutachtet und beurteilt werden sollte. Dort stiessen wir auf ein massiv verbreitetes und von hohen Schutzmauern begrenztes Flussbett. Diese Tatsache liess uns vermuten, dass der Wildbach Rabbiosa im Widerspruch zu unseren Beobachtungen doch eine grosse Gefahr darstellt. Bei Gesprächen mit den Einheimischen wurde uns mitgeteilt, dass

anfallendes Geschiebe alle zwei Jahre aus dem Gerinne entfernt und abtransportiert wird, um das Risiko für die Gemeinde zu reduzieren. Mit Hilfe dieser Aussage konnten wir unsere anfänglichen Beobachtungen erklären und haben gelernt, dass das Wissen der anliegenden Bewohner, sowie Hinweise auf vergangene Ereignisse für die Abschätzung von Gefahrenprozessen ebenso bedeutsam sind wie die Geländeanalyse.

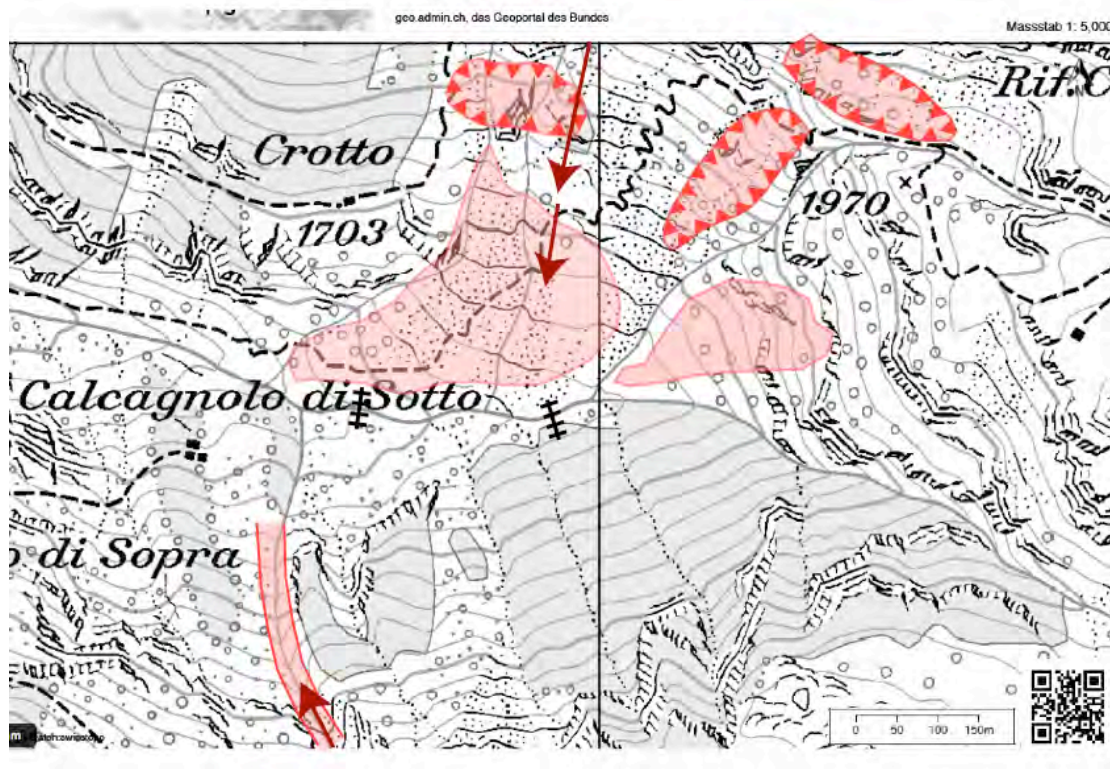


Abb. 9.12: Kartierter Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet des Wildbaches Rabbiosa ([SWISSTOPO \(2013\)](#), verändert.)

Vision 2050

Alpwirtschaft
Einzelne Siedlungen
Wasserkraft
Tourismus



10 — Synthese

Samstagabend, 31. August 2013, 19.15 Uhr, Platz vor der Unterkunft in Chiavenna

Die geographische Alpenüberquerung ist geschafft! Als Gruppe haben wir insgesamt 2'500 km und über 140'000 Höhenmeter zurückgelegt.

Grosse Befriedigung war an diesem schönen Spätsommerabend zu spüren; die Vorfreude auf das gemeinsame Abendessen war riesig. Was braucht man in diesem glücklichen Augenblick noch mehr als ein gutes italienisches Essen? Trotzdem – und genau das ist das Tolle an dieser Exkursionsgruppe – waren alle bereit und motiviert in einer kurzen Synthese auf die vergangene Woche zurückzuschauen. Unter dem Motto „Vision 2050“ stellten wir den Studierenden die folgende Aufgabe: „Was glauben Sie, wo stehen wir 2050 und zwar unterschieden nach einem eher realistischen und einem eher utopischen Szenario?“ Die Studierenden diskutierten die Ihnen zugeteilten Aspekte und hielten dazu folgende im „Originalton“ wiedergegebenen Stichworte fest:

10.1 Vision 2050

10.1.1 Alpwirtschaft

Schweiz	Italien
<ul style="list-style-type: none"> • Traditionsbewusstsein als Garant für Erhalt • Spezialitäten als Chance • ungünstige Standorte werden aufgegeben • Touristische Nutzung unterstützt wirtschaftliche Lage der Berglandwirtschaft • Produktion von Fleisch statt Käse • Attraktivitätssteigerung durch Erwärmung 	<ul style="list-style-type: none"> • reliefbedingter Rückzug (total) der Landwirtschaft • Umnutzung • Chance der Alpenregion für eine verstärkte Gesellschaft (Ruhe, Erholung, Selbstverwirklichung) • Nischentourismus/ -wirtschaft • „heisses Italien“ – Flucht in die Alpen?

10.1.2 Einzelne Siedlungen

Madésimo – Realität	Madésimo – Utopie
<ul style="list-style-type: none"> • Sommertourismus ausgebaut (Golf, Klettern, Wandern, Familienangebote etc.) • Klimawandel entscheidend (Extreme) • Rückgang der Landwirtschaft • Ortsbild durchmischt 	<ul style="list-style-type: none"> • nachhaltiger, sanfter Tourismus • Landschaftspflege • nachhaltige Schutzmassnahmen (gegen Wildbäche und Lawinen) • sichere Arbeitsplätze, keine Abwanderung • einheitliches Ortsbild
Splügen – Realität	Splügen – Utopie
<ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerung konstant • Dorfkern erhalten • familiärer Tourismus • Erholungsgebiet für Städter (Sommertourismus, Lehrpfad Naturpark Beverin) 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung Dorfkern • Nachhaltiger Tourismus • Kuhpatenschaften: Vernetzung Stadt-Berg • Qualitätsprodukte • Pro Specie Rara • kulinarisch • Familien, Ruhe

Chiavenna – Realität	Chiavenna – Utopie
<ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerung: vergrößert sich durch Zuwanderung aus den Bergdörfern • Tourismus: „Slow City“ –Konzept bewährt sich, einheimische Werte werden aufrechterhalten und finden grossen Anklang bei den Touristen – Zunahme des Tourismus. Stärkere Verbindung von St. Moritz und Chiavenna. • Landwirtschaft: Aufgrund des wärmeren Klimas vergrößert sich der Weinbau. Kleine Dörfer oberhalb von Chiavenna werden aufgegeben. 	<ul style="list-style-type: none"> • „Green Slow City“ – nachhaltiger Tourismus wird weiter gefördert.
Thusis – Realität	Thusis – Utopie
<ul style="list-style-type: none"> • Zuwanderung (aus Bergtälern) • Bauboom • bessere öV-Erschliessung • relative Näherung an Zentren • Ausbau der Dienstleistungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Citta Slow Bündnerland • Bildungszentrum Bündnerland Süd • Bauerngenossenschaft der umliegenden Täler mit Sitz in Thusis (Wirtschaftlichkeit) • Renaturierung sowie Sunk-/Schwall-Regelung des Hinterrheins • Energie-Label
Mathon – Realität	Mathon – Utopie
<ul style="list-style-type: none"> • Abwanderung • Überalterung • Restaurant als Ausflugsziel • Ruinendorf • Pachtverträge für Landschaftspflege 	<p><i>Optimistisches Szenario</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Umnutzungen für alternatives Einkommen • Kultur bewahren • „Slow Village“ –Tourismus • Kulturland pflegen und erhalten <p><i>Pessimistisches Szenario</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Menschen wandern schnell ab – mangelnde Unterstützung • Verbuschung • Kulturland ungepflegt

10.1.3 Wasserkraft

Realität	Utopie
<ul style="list-style-type: none">• Batteriefunktion• Kurzfristig genügend Abfluss, langfristige Entwicklung unklar• Entwicklung abhängig von anderen erneuerbaren Energien	<ul style="list-style-type: none">• Gewässerökologie verbessert• Fortbestand der Vorteile für lokale Bevölkerung• genügend Niederschläge• Schlammproblem gelöst

10.1.4 Tourismus

SAC-Hütten – Realität	SAC-Hütten – Utopie
<ul style="list-style-type: none">• Ausbau von SAC-Hütten zu SAC-Hotels	<ul style="list-style-type: none">• Tee statt Cola
Wanderwege – Realität	Wanderwege – Utopie
<ul style="list-style-type: none">• Schweiz: Ausbau der Wanderwege (breiter) – Ausbau Sommertourismus• Italien: Status Quo	<ul style="list-style-type: none">• Schweiz: Status Quo beibehalten und pflegen (kein Massentourismus)• Italien: bessere Ausschilderung

Mit dieser kurzen Rückschau wurde der „offizielle Teil“ der für uns unvergesslichen Exkursion abgeschlossen. Darauf folgte eine mehr oder weniger lange Nacht der Verabschiedung.

Rolf Weingartner, Gregor Doppmann, Jan Schwanbeck



Literaturverzeichnis

- AFGGR (2013): *Grunddaten: Gemeindeinformationen*. URL: <http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/dfg/afg/ueberuns/Seiten/default.aspx>. (Zitiert auf Seiten 43 and 44)
- AFNUGR (2013): *Internetauftritt des Amts für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden*. URL: <http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ueberuns/Seiten/default.aspx>. (Zitiert auf Seiten 52 and 53)
- AFRGR (2013): URL: <http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/dvs/are/ueberuns/Seiten/default.aspx>. (Zitiert auf Seite 50)
- AFWTGR (2013): *Gesetze, Verfügungen und Verordnungen des Kantons Graubünden*. URL: <http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/dvs/awt/ueberuns/Seiten/default.aspx>. (Zitiert auf Seite 50)
- AGNAGEF (2011): *Achtung Naturgefahr! Verantwortung des Kantons und der Gemeinden im Umgang mit Naturgefahren*. (Zitiert auf Seite 161)
- AREGGER, B. UND ET AL. (2012): *Naturgefahren und Schutzwald: Teil: Biotische und abiotische Einflüsse, Insekten: Vorlesungsunterlagen*. (Zitiert auf Seite 161)
- AUSENDA (2002): *La rivista del turismo: Anno IV*. (Zitiert auf Seite 54)
- AWN-GR (2013): *Naturgefahrenkarte*. URL: <http://map.geo.gr.ch/naturgefahrenkarte>. (Zitiert auf Seite 165)
- BADER, S.; BEDERT, M.; CROCI-MASPOLI, M.; SCHERRER, S. UND SCHLEGEL, T. (2012): *Klimabericht Kanton Graubünden*. (Zitiert auf Seiten 104, 105, and 106)
- BAFU (1995): *Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene: Empfehlungen*. (Zitiert auf Seite 171)

BAFU (2013a): URL: www.bafu.admin.ch. (Zitiert auf Seite 83)

BAFU (2013b): *Schutzgebiete - Inventare: Moore und Moorlandschaften*. URL: <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07845/index.html?lang=de>.
(Zitiert auf Seiten 81, 82, 84, 85, 86, and 87)

BAKBASEL (2010): *Wertschöpfung im Kanton Graubünden: Entwicklung von Regionen und Branchen 1990 - 2008*. URL: <http://www.bakbasel.ch>.
(Zitiert auf Seiten 43, 47, 48, 49, 50, 51, and 52)

BAUMGARTNER, A. UND LIEBSCHER, H.J. (1996): *Lehrbuch der Hydrologie*. Hirt, 2. Aufl., ISBN 978-3443300029. (Zitiert auf Seite 120)

BAUMKUNDE.DE (2013): URL: <http://www.baumkunde.de>.
(Zitiert auf Seiten 68, 69, 70, 71, 72, and 73)

BELLWALD, W. (2006): *Bergbau: Historisches Lexikon der Schweiz*. URL: <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D27652.php>. (Zitiert auf Seite 137)

BELZ, J.U.; BRAHMER, G.; BUITEVELD, H.; ENGEL, H.; GRABHER, R.; HODEL, H.; KRAHE, P.; LAMMERSEN, R.; LARINA, M.; MENDEL, H.G.; MEUSER, A.; MÜLLER, G.; PLONKA, B.; PFISTER, L. UND VAN VUUREN W. (2007): *Das Abflussregime des Rheins und seiner Nebenflüsse im 20. Jahrhundert – Analyse, Veränderungen, Trends*.
(Zitiert auf Seiten 119 and 126)

BENDIX, J. (2004): *Geländeklimatologie*. Borntraeger. (Zitiert auf Seiten 107, 110, 111, 113, and 115)

BERGBAHNEN, S. (2012): 53 . *Geschäftsbericht Juli 2011 bis Juni 2012*.
(Zitiert auf Seiten 51 and 52)

BLW (2013): *Direktzahlungen an die Landwirtschaft im Überblick 2013*. URL: <http://www.zbv.ch/Portals/0/Zahlen%20Landwirtschaft/DZ%202013.pdf>.
(Zitiert auf Seiten 52 and 53)

BOHREN, C. (2009): *Homo alpinus: Die Konstruktion einer helvetischen Rasse. Zeitgeschichte, Proseminar zum Thema Rassismus und Antisemitismus im 19. und 20. Jahrhundert*. Dissertation, Universität Fribourg, Fribourg. (Zitiert auf Seite 33)

BUNDESAMT FÜR ENERGIE (2013): *Wasserkraft*. URL: <http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/>. (Zitiert auf Seite 125)

BUNDESAMT FÜR STATISTIK BFS (2012): *Schweizer Tourismusstatistik 2011*. Neuchâtel, ISBN 9783303104491. (Zitiert auf Seiten 44 and 45)

BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU (2012a): *Grundwasser: Grundwasserschutz*. URL: <http://www.bafu.admin.ch/grundwassser/07483/?lang=de>. (Zitiert auf Seite 152)

- BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU (2012b): *Grundwasserschutz: Grundwasserschutzzonen*. URL: <http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07483/07485/10037/index.html?lang=de>. (Zitiert auf Seite 153)
- BÜHLER, D. UND MINSCH, R. (2004): *Der Tourismus im Kanton Graubünden. Wertschöpfungsstudie*. (Zitiert auf Seiten 43, 45, 46, and 47)
- CASANOVA, M. (2013): *Faktenblatt Wasserkraft*. URL: http://assets.wwf.ch/downloads/faktenblatt_wasserkraft.pdf. (Zitiert auf Seite 128)
- CASPARI, C. UND SCHAUER, T. (1973): *Alpenpflanzen, Alpentiere: Über 700 Pflanzen, Tiere, Steine und Mineralien, BLV-Bestimmungsbuch*, Bd. 10. BLV-Verl.-Ges, Muenchen, ISBN 9783405110697. (Zitiert auf Seite 75)
- CITTASLOW (2013): *Slow City*. URL: <http://www.cittaslow.org>. (Zitiert auf Seite 56)
- CONSORZIO PER LA PROMOZIONE TURISTICA DELLA VALCHIVENNA (2013): *Marmitte dei Giganti*. URL: <http://www.valchiavenna.com/de/reisewege/marmitte-dei-Giganti.html>. (Zitiert auf Seite 157)
- EGLI, E. (1939): *Ethnisches Bild der Schweiz*. Neue Schweizer Rundschau, (März):665–672. (Zitiert auf Seiten 33 and 34)
- ETHZ (Hg.) (2010): *Neue Monte-Rosa-Hütte SAC: Ein autarkes Bauwerk im hochalpinen Raum : [Zürich, ETH, vom 24. Februar bis 25. März 2010]*. gta, Zürich, ISBN 978-3-85676-273-5. URL: www.neuemonterosahuette.ch. (Zitiert auf Seite 127)
- FREHNER, M.; WASSER, B. UND SCHWITTER, R. (2005): *Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion: Vollzug Umwelt*. (Zitiert auf Seite 162)
- FREI, C. UND SCHMIDLI, J. (2006): *Das Niederschlagsklima der Alpen: Wo sich Extreme nahe kommen*. promet, Bd. 32(1):61–67. (Zitiert auf Seite 104)
- FROITZHEIM, N. (2013): *Alpen Teil 2: Das Penninikum. Vorlesungsskript*. URL: <http://www.steinmann.uni-bonn.de/arbeitsgruppen/strukturgeologie/lehre/wissen-gratis/geologie-der-alpen-teil-2>. (Zitiert auf Seite 147)
- GOOGLEEARTH (2013): *Digitaler Globus der Welt*. URL: <https://www.google.com/earth/>. (Zitiert auf Seite 169)
- GROSJEAN, M. (2013): *Via Storia: Feldkurs Paläolimnologie*. (Zitiert auf Seite 152)
- HOHENRÄTIEN.CH (2008): *Der Viamala Brief von 1473*. URL: http://www.hohenraetien.ch/HR-Web-2008/web-content/HR-08-Materialien/Viamala_Brief_vollstText.pdf. (Zitiert auf Seiten 31 and 136)

- HSÜ, K.J. UND BRIEGEL, U. (1991): *Geologie der Schweiz: Ein Lehrbuch für den Einstieg, und eine Auseinandersetzung mit den Experten*. Birkhäuser, Basel and Boston, ISBN 3-7643-2579-8. (Zitiert auf Seiten 135, 136, 144, and 147)
- HÖLTING, B. UND COLDEWEY, W.G. (2009): *Hydrologie: Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 7. auflage Aufl.. (Zitiert auf Seite 152)
- HÜRLIMANN, M. (2012): *Schutzwald und Naturgefahren: Teil: Biotische und abiotische Einflüsse, Sturmschäden: Vorlesungsunterlagen*. (Zitiert auf Seite 161)
- ITALIAPEDIA (2013): *l'Enciclopedia on line sui Comuni d'Italia*. URL: <http://www.italiapedia.it>. (Zitiert auf Seite 54)
- JÄCKLI, H. (1941): *Geologische Untersuchungen im nördlichen Westschams (Graubünden)*. Buchdruckerei E. Birkhäuser & Cie, Basel. (Zitiert auf Seiten 134 and 136)
- KANTON GRAUBÜNDEN (2011): *Die Galerie am Splügenpass: Begleitbroschüre zur Ausstellung beim Nordportal der Splügenpassgalerie. Geöffnet ab 2011, jeweils im Sommer*. URL: https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/bvfd/tba/aktuelles/NewsDokumente/Flyer_2011-06-23-DE_Galerie-Spluegenpass.pdf. (Zitiert auf Seite 30)
- KANTON GRAUBÜNDEN (2013): *Naturschutz und Landwirtschaft*. URL: <http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/projekte/natur/naturschutz/Seiten/default.aspx>. (Zitiert auf Seite 154)
- KLIMADIAGRAMME.DE (2013): *Klimadaten, Klimatabellen und Klimadiagramme der Schweiz*. URL: http://www.klimadiagramme.de/GMA_neu/Europa/schwei. (Zitiert auf Seite 108)
- KOMMISSION, S.G. (1971): *Geologischer Atlas der Schweiz: Blatt 1235 - Andeer*. (Zitiert auf Seiten 144, 149, and 163)
- KRAFTWERKE HINTERRHEIN AG (2007): *Kraftwerke Hinterrhein AG*. URL: http://www.khr.ch/uploads/media/khr_folder_de_01.pdf. (Zitiert auf Seiten 125, 126, and 127)
- KREIS, G. (1992): *Der Homo Alpinus Helveticus: Zum schweizerischen Rassendiskurs der 30iger Jahre*. In G. MARCHAL UND A. MATTIOLI (Hg.), *Erfundene Schweiz*, Chronos Verlag, Zürich. (Zitiert auf Seite 33)
- KRONTHALER, F. UND CARTWIRIGTH, J. (2008): *Wertschöpfung des Tourismus in den Regionen Graubündens – Stand und Entwicklung*. (Zitiert auf Seiten 46, 48, and 49)
- KRÄHENBÜHL, H. (1892): *Die Erzvorkommen und Lagerstätten Graubündens und der ehemalige Bergbau*. In *Mitteilungen 21 des Vereins Freunde des Bergbaues in Graubünden*, Bd. 3/1982. (Zitiert auf Seite 139)

- LABHART, T.P. (1995): *Geologie der Schweiz*. Ott, Thun, 3., Überarb. Aufl., ISBN 3-7225-6760-2. (Zitiert auf Seiten [136](#), [147](#), and [150](#))
- LABHART, T.P. (2005): *Geologie der Schweiz*. HEP-Verlag, Bern, 7 Aufl.. (Zitiert auf Seite [137](#))
- LAUBER, K.; GYGAX, A. UND WAGNER, G. (2012): *Flora Helvetica*. Haupt, Bern [u.a.], 5., vollst. überarb. Aufl., ISBN 3258077002. (Zitiert auf Seiten [74](#), [75](#), [76](#), [77](#), [78](#), [79](#), [80](#), [81](#), [88](#), and [89](#))
- LAUER, W. UND BENDIX, J. (2004): *Klimatologie, 2. neu bearb.* Aufl, Braunschweig. (Zitiert auf Seite [110](#))
- LECHNER, E. (1897): *Thesis und Hinterrhein-Täler: Landschafts- und Geschichtsbilder*. Verlag der Hitzschen Buchhandlung. (Zitiert auf Seite [134](#))
- LINIGER, H.; WEINGARTNER, R. UND GROSEJAN, M. (1998): *Mountains of the world: Water towers for the 21st century*, Publikation Gewässerkunde, Bd. 207. (Zitiert auf Seiten [119](#) and [120](#))
- MACDONALD, D.; CRABTREE, J.; WIESINGER, G.; DAX, T.; STAMOU, N.; FLEURY, P.; GUTIERREZ LAZPITA, J. UND GIBON, A. (2000): *Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response*. Journal of Environmental Management, Bd. 59(1):47–69, ISSN 03014797. URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479799903353>. (Zitiert auf Seite [58](#))
- MAYER, H. UND KNOX, P. (2007): *Slow City oder Citta lente: ein Zukunftsmodell der Stadtentwicklung?* Die Alte Stadt, Bd. 34(3):205–220. (Zitiert auf Seite [56](#))
- MESSERLI, P. UND REY, L. (2011): *Die Welt in Bern - Bern in der Welt: 125 Jahre Geographie an der Universität Bern (1886-2011)*, Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern, Bd. 63. Geographische Gesellschaft, Bern, ISBN 978-3-9520124-4-4. (Zitiert auf Seite [13](#))
- METEOSCHWEIZ (2010): *Typische Wetterlagen im Alpenraum*. (Zitiert auf Seite [116](#))
- METEOSCHWEIZ (2013): *Klimadiagramme und -normwerte an Stationen*. URL: http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/klimadiagramme.html. (Zitiert auf Seite [123](#))
- MU.VI.S. (2013): *Le vie dei Carden*. URL: <http://www.viedeicarden.it/>. (Zitiert auf Seite [58](#))
- NENTWIG, W.; BACHER, S. UND BRANDL, R. (2009): *Ökologie kompakt*. Bachelor, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, ISBN 3827418763. (Zitiert auf Seiten [65](#), [76](#), and [90](#))
- NIEVERGELT, P.; LINIGER, M.; FROITZHEIM, N. UND FERREIRO MÄHLMANN, R. (1996): *Early to mid Tertiary crustal extension in the Central Alps: The Turba Mylonite Zone (Eastern Switzerland)*. (Zitiert auf Seite [151](#))

- OLDANI (2013): *Waldlehrpfad Andeer- Clugin: Broschüre zum Lehrpfad*. (Zitiert auf Seiten [67](#), [68](#), [69](#), [70](#), [71](#), [72](#), and [73](#))
- PIFFNER, A. (unveröffentlicht): *Naturpark Beverin: Kapitel Geologie*. (Zitiert auf Seiten [131](#), [134](#), [144](#), [145](#), [146](#), and [147](#))
- PIFFNER, O.A. (2010): *Geologie der Alpen*, UTB, Bd. 8416 : Geologie. Haupt, Bern and Stuttgart and Wien, 2., korrigierte Aufl., ISBN 978-3-8252-8416-9. (Zitiert auf Seiten [134](#), [136](#), [141](#), [142](#), [143](#), and [150](#))
- PIFFNER, O.A. (2011): *Geologie der Schweiz (Vorlesung)*. (Zitiert auf Seite [142](#))
- PRESS, F. UND SIEVER, R. (2008): *Allgemeine Geologie*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 5. Auflage Aufl.. (Zitiert auf Seiten [151](#) and [157](#))
- REGIOVIAMALA (2013): *ViamalaBlog: Statistiken*. URL: http://www.viamalablog.ch/?page_id=31. (Zitiert auf Seiten [43](#) and [44](#))
- RICKLI, R. (2012): *Wetteranalyse und Wettervorhersage: Vorlesungsunterlagen*. (Zitiert auf Seiten [116](#) and [117](#))
- ROTH-BIANCHI, W. (2007): *Von den Saumpfadern zur Nationalstrasse*. URL: <http://download.burgenverein-untervaz.ch/downloads/dorfgeschichte/2007-Von%20den%20Saumpfadern%20zur%20Nationalstrasse.pdf>. (Zitiert auf Seiten [31](#) and [37](#))
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. UND BLUME, H.P. (2010): *Lehrbuch der Bodenkunde*. Spektrum Lehrbuch, Spektrum, Akad. Verl, Heidelberg and Berlin, 16. Aufl Aufl., ISBN 9783827414441. (Zitiert auf Seiten [93](#), [94](#), [95](#), and [96](#))
- SCHWEIZER HEIMATSCHUTZ (2013): *Auszeichnungen - Wakkerpreise seit 1972*. URL: <http://www.heimatschutz.ch/index.php?id=1041>. (Zitiert auf Seite [54](#))
- SCHWEIZER RADIO UND FERNSEHEN (2013): *"Einstein" vom 25.4.2013*. URL: <http://www.srf.ch/sendungen/einstein/hunde-im-knast-gigantische-staumauer-biblischer-wein>. (Zitiert auf Seite [127](#))
- SCHÄDLER, B. (2012): *Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz im Sektor Wasserwirtschaft*. URL: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01673/index.html?lang=de>. (Zitiert auf Seite [121](#))
- SCHÄR, C.; VIDALE, P.L.; LÜTHI, D.; FREI, C.; HÄBERLI, C.; LINIGER, M.A. UND APENZELLER, C. (2004): *The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves*. Nature, Bd. 427(6972):332–336, ISSN 1476-4687. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14716318>. (Zitiert auf Seite [106](#))
- SCHÜTT, B. UND ET AL. (2006): *Reliefbildende Prozesse*. URL: <http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/geomorphologie/einleitung/prozesse/>. (Zitiert auf Seite [159](#))

SRF (2013): *Monte Rosa Hütte: Flop - Schweiz aktuell*. URL: <http://www.srf.ch/player/tv/schweiz-aktuell/video/monte-rosa-huette-flop?id=10135470-1836-48f6-80c8-acc07577bf07>. (Zitiert auf Seite 127)

STADLER, H. (2013): *Säumerei: Artikel im Historischen Lexikon der Schweiz*. URL: <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D14053.php>. (Zitiert auf Seite 29)

STEINACKER, R. (2006): *Alpiner Föhn–eine neue Strophe zu einem alten Lied*. promet, Bd. 32(1):3–10. (Zitiert auf Seiten 115 and 116)

STEINMANN, M. (1994): *Ein Beckenmodell für das Nordpenninikum der Ostschweiz*. In GBA (Hg.), *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, Bd. 137, Heft 4, Geologische Bundesanstalt, Wien, 675–721. URL: <http://opac.geologie.ac.at/ais312/detail.aspx?partentprief=>. (Zitiert auf Seite 136)

STÄBLER, H. (1981): *Wissensplattform: Bergbau*. URL: <http://naturpark-beverin.ch/index.php?page=445>. (Zitiert auf Seite 140)

SWISSTOPO (2008a): *Hydrogeologische Karte der Schweiz: Grundwasservorkommen 1:500000. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15022)*. URL: <http://map.geo.admin.ch/>. (Zitiert auf Seite 155)

SWISSTOPO (2008b): *Hydrogeologische Karte der Schweiz: Grundwasservorkommen 1:500000. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15022)*. URL: <http://map.geo.admin.ch>. (Zitiert auf Seite 156)

SWISSTOPO (2013): *Offizielles Geoportal der Schweiz. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15022)*. URL: map.geo.admin.ch. (Zitiert auf Seiten 12, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 25, 27, 54, 55, 114, 122, 148, 168, 169, 170, and 172)

SÜDOSTSCHWEIZ PRESSE UND PRINT AG (2011): *PULS - Das Bündner Wirtschaftsmagazin: Beilage zur «Südostschweiz am Sonntag» vom 26. Juni 2011*. URL: http://www.hkgr.ch/modules/downloads/cmd_download.php?id=593. (Zitiert auf Seite 42)

TAGESANZEIGER (2009): *In welchen SAC-Hütten man besser nicht übernachtet*. tagesanzeiger.ch: (Tagesanzeigerch/Newsnet). URL: <http://www.tagesanzeiger.ch/leben/reisen/In-welchen-SACHuetten-man-besser-nicht-uebernachtet/story/24971739>. (Zitiert auf Seite 127)

TAGESANZEIGER (2013): *Bach galt als Beispiel für die Vereinbarkeit von Stromproduktion und Natur*. tagesanzeiger.ch: (kle/sda). URL: <http://www.tagesanzeiger.ch/panorama/vermishtes/Bach-galt-als-Beispiel-fuer-die-Vereinbarkeit-von-Stromproduktion-und-Natur/story/22531766>. (Zitiert auf Seite 129)

- TANNER, J. (1999): *Die Krise der Gedächtnisorte und die Havarie der Erinnerungspolitik: zur Diskussion um das kollektive Gedächtnis und die Rolle der Schweiz während des zweiten Weltkrieges*. *Traverse: Zeitschrift für Geschichte*:16–36. (Zitiert auf Seite 34)
- TANTARDINI, D.; RIGANTI, N.; TAGLIERI, P.; FINIS, E.D. UND BINI, A. (2013): *Glacier Dynamics in San Giacomo Valley (Central Alps, Sondrio, Italy)*. *Alpine and Mediterranean Quaternary*, Bd. 26(1):77–94. (Zitiert auf Seite 166)
- TAPPEINER, U.; BORSDORF, A. UND TASSER, E. (2008): *Mapping the Alps: Society, economy, environment*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, ISBN 978-3-8274-2004-6. (Zitiert auf Seiten 11 and 13)
- TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (2013): *Abflussbeiwert*. URL: http://regenwassermanagement.elcms.de/content/e1126/index_ger.html. (Zitiert auf Seite 124)
- TOSCANO AG (2013): *Andeer Granit. Beschreibung*. URL: <http://www.toscano-granit.ch/index.php?idcatside=10>. (Zitiert auf Seite 137)
- VEIT, H. (2002): *Die Alpen: Geoökologie und Landschaftsentwicklung ; 51 Tabellen, UTB*, Bd. 2327 : Geowissenschaften, Ökologie, Biologie. Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), ISBN 9783800127887. (Zitiert auf Seiten 65, 66, 67, 74, 90, 91, 92, 94, 95, and 101)
- VIAMALA (2013): *Viamala gästeinformationen*. URL: <http://www.viamala.ch>. (Zitiert auf Seiten 135 and 136)
- VISCHER, D. (2003): *Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz: Von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert*. *Berichte des BWG, Serie Wasser*, Bern. (Zitiert auf Seite 135)
- VIVIROLI, D.; WEINGARTNER, R. UND MESSERLI, B. (2003): *Assessing the Hydrological Significance of the World ' s Mountains*. *Mountain Research and Development*, Bd. 23(1):32–40. (Zitiert auf Seite 120)
- WALCH, D. UND FRATER, H. (2004): *Wetter und Klima: Das Spiel der Elemente-atmosphärische Prozesse verstehen und deuten*. Springer DE. (Zitiert auf Seiten 107 and 110)
- WANNER, H. (2007a): *Grenzschicht- und Gebirgsmeteorologie: Vorlesungsunterlagen*. (Zitiert auf Seiten 115 and 117)
- WANNER, K. (2001): *Via Spluga: Durch Kulturen wandern*. Terra Grischuna. (Zitiert auf Seiten 31, 36, and 37)
- WANNER, K. (2013a): *Geschichte. Ein Streifzug durch Splügens Geschichte*. URL: <http://www.gemeinde-spluegen.ch/geschichte>. (Zitiert auf Seite 53)
- WANNER, K. (2013b): *Splügen: Historisches Lexikon der Schweiz*. URL: <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D1499.php>. (Zitiert auf Seiten 36 and 53)

- WANNER, S. (2007b): *Die Schmelza, Denkmal von Ferrera's grossartiger Bergbauvergangenheit*. URL: <http://www.ferrera.ch/gemeinden/index.php?page=766>. (Zitiert auf Seite 138)
- WEBER, D. (2013): *Biodiversität in der Kastanienselve und im Niederwald*. (Zitiert auf Seite 101)
- WHITEMAN, C.D. (2000): *Mountain meteorology: fundamentals and applications*. (Zitiert auf Seiten 103, 109, 111, 112, 113, and 114)
- WIKIMAPIA (2013): *Mappa di Chiavenna*. URL: <http://wikimapia.org/2134494/it/Chiavenna>. (Zitiert auf Seite 57)
- WIKIPEDIA (2013a): *Andeer*. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Andeer>. (Zitiert auf Seite 137)
- WIKIPEDIA (2013b): *Föhn*. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6hn>. (Zitiert auf Seite 116)
- WIKIPEDIA (2013c): *Gletschermühle*. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gletscherm%C3%BChle>. (Zitiert auf Seite 152)
- WIKIPEDIA (2013d): *Madesimo*. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Madesimo>. (Zitiert auf Seiten 37 and 38)
- WIKIPEDIA (2013e): *Ophiolith*. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Ophiolith>. (Zitiert auf Seite 157)
- WIKIPEDIA (2013f): *Splüengalerie*. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Spl%C3%BCgengalerie>. (Zitiert auf Seite 157)
- WIKTIONARY (2013): *Wikiwörterbuch - ein Wiki-basiertes freies Wörterbuch*. URL: <https://de.wiktionary.org/wiki/Ort>. (Zitiert auf Seite 34)
- WILCKE, W. (2012): *Vorlesungsunterlagen*. (Zitiert auf Seite 94)
- WMO (1992): *International meteorological vocabulary*. Secretariat of the World Meteorological Organization. (Zitiert auf Seite 114)
- WYL, A.V. (1997): *Moor-Landschaften - ein kulturelles Erbe: Dargestellt an den vom Bund bezeichneten "Objekten" Glaubenberg, Habkern-Sörenberg, Hilfernpass, Klein Entlen, Rotmoos-Eriz*. Verl. Dr. Schüpheim, Schüpheim, ISBN 9783907821077. (Zitiert auf Seite 85)
- WÜEST, A. (2011): *Wasserkraft und Ökologie - Faktenblatt*. URL: http://www.eawag.ch/medien/publ/fb/doc/fs_wasserkraft_oekologie_dt.pdf. (Zitiert auf Seiten 125 and 128)

- YOUSSEF, D.A. UND WIECZOREK, L. (2009): *Reise der Hoffnung*. URL: http://www.phzh.ch/PageFiles/24126/filmheft_reise_der_hoffnung.pdf. (Zitiert auf Seite 35)
- ZEPP, H. (2014): *Geomorphologie, UTB*, Bd. 2164 : Geographie. Schöningh, Paderborn, 3., aktualisierte Aufl., ISBN 978-3-8252-4030-1. (Zitiert auf Seiten 159 and 160)
- ZMARSLY, E.; KUTTLER, W.; PETHE, H. UND ZMARSLY-KUTTLER-PETHE (2007): *Meteorologisch-klimatologisches Grundwissen: eine Einführung mit Übungen, Aufgaben und Lösungen*. E. Ulmer. (Zitiert auf Seite 109)